



ÉTAT DE L'ART DE LA VALORISATION ÉNERGETIQUE DES DÉCHETS NON DANGEREUX EN CIMENTERIES

Situation actuelle, enjeux et perspectives

STATE-OF-THE-ART OF THE USE OF NON HAZARDOUS WASTE IN CEMENT PLANTS

Current situation, stakes and perspectives

Rapport final révisé

Décembre 2009

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par AJI-Europe – Christian DELAVELLE
(contrat n°08 06 C0083)

Coordination technique : André KUNEGEL – Traitement Thermique des Déchets –
Direction des Déchets et Sols – Département GEODE – ADEME Angers

Remerciements :

Nous tenons à remercier tous les industriels, en particulier préparateurs et cimentiers, ayant accepté de nous recevoir dans le cadre de cette étude, ainsi que les membres du comité de suivi de cette étude, constitué des personnes suivantes :

- Breffni BOLZE (Ciments Vicat)
- Philippe CHARLET (Syndicat français de l'industrie cimentière)
- Louis De SAMBUCY (Lafarge Ciments)
- Frédéric DOUCE (Geocycle / Holcim)
- Pierre-Laurent GENTNER (Ciments Calcia)
- André KUNEGEL (ADEME)
- Didier LAFFAIRE (ATILH)
- André LENSKI (Ciments Calcia).

L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en oeuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

<http://www.ademe.fr>

About ADEME :

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint supervision of the French Ministries for Ecology, Energy, Sustainable Development and Spatial Planning, and for Higher Education and Research. It participates in the implementation of public policies in the fields of the environment, energy and sustainable development. The agency makes its expertise and consultancy skills available to business, local communities, public authorities and the general public and helps them to finance projects in five areas (waste management, soil preservation, energy efficiency and renewable energies, air quality and noise abatement) and to make progress with their sustainable development procedures.

<http://www.ademe.fr>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

SOMMAIRE

I - CONTEXTE ET OBJECTIFS	7
2 - METHODOLOGIE	9
3 - ENSEIGNEMENTS DES VISITES SUR LES SITES ETUDIES	10
3.1. PANORAMA DES UNITES ETUDIEES	10
3.2. SCHEMA GENERAL DE LA FILIERE CSR EN CIMENTERIE	10
3.3. SPECIFICATION TECHNIQUE DU CSR	11
3.4. CIMENTERIES	21
3.5. UNITES DE PREPARATION DU CSR	24
3.6. BILAN CARBONE DE LA SUBSTITUTION	32
4 - GISEMENTS POTENTIELS DE DECHETS POUR LA PREPARATION DU CSR	34
4.1. TYPOLOGIE DES DECHETS	34
4.2. DECHETS DE PRODUCTION	34
4.3. REFUS DE TRI DE DIB	35
4.4. REFUS DE TRI DE LA COLLECTE SELECTIVE DES MATERIAUX SECS	37
4.5. ENCOMBRANTS DE DECHETERIES	39
4.6. FRACTIONS A HAUT PCI ISSUES DES INSTALLATIONS DE TRI MECANO-BIOLOGIQUE D'ORDURES MENAGERES RESIDUELLES	40
4.7. ENJEU QUANTITATIF DE LA SUBSTITUTION DES COMBUSTIBLES FOSSILES UTILISES EN CIMENTERIES PAR DU CSR	41
4.8. ENJEU ENVIRONNEMENTAL DE LA SUBSTITUTION	43
5 - BILAN ECONOMIQUE DE LA SUBSTITUTION PARTIELLE DES COMBUSTIBLES FOSSILES UTILISES EN CIMENTERIES PAR DU CSR	44
5.1 LA PREPARATION DU CSR	44
5.2 LA SUBSTITUTION AU NIVEAU DES CIMENTERIES	47
5.3 BILAN ECONOMIQUE GLOBAL	48
6 - SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS	51
6.1 SYNTHESE	51
6.2 FAUT-IL FAIRE EVOLUER LE STATUT DE DECHET DU CSR ?	53
6.3 FAUT-IL ENCOURAGER LA MISE EN PLACE D'UNE NORME POUR LE CSR ?	54

6.4	QUELLES SONT LES FILIERES CSR A DEVELOPPER EN PRIORITE ? _____	55
6.5	QUELS OBSTACLES FAUT-IL SURMONTER POUR DEVELOPPER L'USAGE DU CSR EN CIMENTERIES ? _____	59
6.6	QUELLE EST LA NATURE DES AUTRES DEBOUCHES DU CSR ? _____	59
6.7	QUELLES SONT LES BONNES PRATIQUES DE PREPARATION ET D'UTILISATION DU CSR ? _____	60
ANNEXE 1 : LISTE DES SITES VISITES _____		64
ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE _____		65
ANNEXE 3 : SPECIFICATIONS DEFINIES PAR LES CIMENTIERIS FRANÇAIS POUR LE CSR _____		66
ANNEXE 4 : EXEMPLES DE PROJETS D'UNITES DE TMB EN FRANCE _____		67
ANNEXE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE CIMENTERIE _____		68
ANNEXE 6 : GLOSSAIRE _____		69

RESUME :

La valorisation énergétique des combustibles issus de déchets non dangereux (CSR)¹ en substitution des combustibles fossiles ne représente qu'environ 2 % des combustibles utilisés dans les cimenteries françaises. Par comparaison, cette valorisation est estimée à plus de 1,5 million de tonnes par an en Allemagne, soit 35 % des combustibles utilisés dans les cimenteries allemandes. Le potentiel d'utilisation de CSR par l'industrie cimentière française est estimé à environ un million de tonnes par an. D'autre part, le gisement de déchets non dangereux actuellement non valorisé permettrait de fabriquer jusqu'à 3 millions de tonnes de CSR, principalement à partir de refus de tri de déchets industriels banals et d'encombrants de déchèteries. De ce fait, les capacités d'utilisation de combustibles de substitution de l'industrie cimentière permettraient de valoriser une partie de ce gisement de déchets. L'utilisation de CSR permet aux cimentiers de limiter l'usage des combustibles fossiles, mais ils doivent prendre en compte d'importants effets secondaires négatifs tels que la corrosion des équipements et la perte de productivité. La granulométrie, la teneur en chlore et la présence de gros morceaux (pierres, métaux) susceptibles de détériorer les installations sont des contraintes récurrentes qui nécessitent une bonne maîtrise des apports par le CSR. A l'image d'autres pays européens, une augmentation plus rapide et plus forte de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes, et / ou une contrainte légale plus stricte sur les conditions d'acceptation des déchets énergétiques dans les centres d'enfouissement, permettraient de renforcer la compétitivité de la filière CSR. Des aides appropriées seraient nécessaires pour permettre aux préparateurs de CSR d'améliorer la qualité de leurs produits, en particulier une aide à l'achat de systèmes de tri optique et une aide à la R&D pour résoudre le problème du « chlore diffus » contenu dans les déchets. En outre, des progrès restent à faire en matière d'harmonisation des méthodes d'échantillonnage et d'amélioration de la fiabilité des mesures liées au contrôle qualité du CSR. Le succès du développement de la filière CSR en cimenterie passe également par une meilleure prise en compte du cahier des charges dans les projets d'unités de préparation (ils peuvent varier d'une cimenterie à l'autre), par la construction d'unités de préparation ayant la taille critique (plus de 30 000 tonnes par an de déchets traités) et par la mise en œuvre d'une logique de proximité entre unités de préparation de CSR et cimenteries. La filière de préparation de CSR pour utilisation en cimenteries à partir de déchets à haut PCI issus des déchets municipaux en mélange est potentiellement viable en France. Une mesure d'accompagnement destinée à promouvoir cette filière pourrait consister à apporter une aide financière à la réalisation d'une ou deux unités « vitrines ».

MOTS CLES :

Combustible solide de récupération, CSR, combustible fossile, combustible de substitution, bonnes pratiques, cimenteries, déchets non dangereux, valorisation énergétique, gestion des déchets.

¹ Dans cette étude, nous utilisons l'acronyme « CSR » pour « Combustible Solide de Récupération » issu de 4 catégories de déchets non dangereux :

- les fractions à haut PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) issues des refus de tri de DIB (après extraction des fractions susceptibles d'être orientées vers la valorisation matière)
- les refus de tri des collectes sélectives des matériaux secs (emballages ménagers, ...)
- les encombrants collectés en déchèteries
- les fractions à haut PCI issues des installations de tri mécano-biologique d'ordures ménagères résiduelles.

excluant en particulier les pneus usagés et les farines animales.

ABSTRACT:

The Solid Residual Fuels (SRF²) in substitution to fossil fuels represent approximately 2 % of the energy required by the cement plants in France. By comparison, about 1.5 million tonnes of SRF were used in Germany in 2005, making 35 % of total fuel consumption by cement plants in this country. The French cement industry has the potential to consume about 1 million tonnes of SRF per year. On the other hand, the non hazardous waste flow which is not subject to energy or material recovery would allow to manufacture about 3 million tonnes of SRF (mainly from industrial and bulky waste). By comparing these two figures, one can see that there is an opportunity to use part of this available waste flow in order to prepare SRF for the French cement industry. For the cement plants, the use of SRF results in a decrease of fossil fuels consumption. Nevertheless, this impact is partly balanced by negative effects as equipment wear and productivity decrease. A strict quality control of the SRF entering the cement plants is required, especially as far as granulometry, chlorine content and presence of large stones or metal parts are concerned. As already done by other European countries, a faster increase of the landfill tax and/or a prohibition of any combustible waste landfill would enhance the competitiveness of SRF use in the French cement plants. Some appropriate aid to the enterprises preparing SRF would be necessary to promote the production of higher quality SRF: financing of optical sorting systems and assistance to R&D in order to solve the problem of "diffused chlorine" contained in the waste. Moreover, substantial progress is still to be done in the harmonisation of SRF sampling methods and the improvement of SRF quality control. The following conditions should be fulfilled in order to foster the development of the SRF route for cement plants in France: to ensure that the enterprises preparing (or intending to prepare) SRF meet the specific requirements of the cement plants, to build SRF preparation units with capacities above the critical size (about 30 000 tonnes per year of waste treated) and to cope with the criteria of geographical proximity between the preparation unit and the cement plants. The use in cement plants of SRF obtained from the high-calorific fraction from mechanical-biological treatment of residual household waste is potentially viable in France. An incentive measure to promote this route could consist in partly financing the realisation of one or two preparation units, which would become an example.

KEY WORDS

Solid Recovered Fuel, SRF, Refuse Derived Fuel, Fossil Fuel, Substitution Fuel, Best Practice, Cement Plants, Non-hazardous waste, Energy recovery, Waste management.

² In this study, SRF is defined as fuels derived from 4 categories of non-hazardous waste :

- High-calorific fractions from industrial waste (after extraction of high-quality waste being directed towards mechanical recycling)
- Refusal fraction from separate collection of "dry materials" (household packaging,...)
- Bulky waste collected in « déchèteries » (Waste Reception Centres)
- High-calorific fractions from mechanical-biological treatment of residual household waste.

It excludes used tyres and animal flours.

I - CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le Grenelle de l'Environnement a fixé plusieurs objectifs ambitieux en matière de prévention et de valorisation des déchets ménagers et industriels. D'importants gisements de déchets non dangereux continuent à être placés en décharge, bien qu'ils ne puissent pas être considérés comme des déchets ultimes, notamment de par leur pouvoir calorifique.

D'autre part, les projets de nouvelles unités d'incinération rencontrent actuellement une contestation forte de la part de la société civile.

De son côté, l'industrie cimentière française, très dépendante des combustibles fossiles, subit lourdement les fluctuations du coût de l'énergie et voit les gisements de déchets dangereux disponibles pour la substitution énergétique dans ses installations en constante régression depuis plusieurs années.

Enfin, le cadre réglementaire de la valorisation des déchets est en forte évolution. La directive cadre 2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets établit la hiérarchie suivante en matière de prévention et de gestion des déchets: 1/ : prévention ; 2/ : préparation en vue du réemploi ; 3/ : recyclage ; 4/ : autre valorisation, notamment valorisation énergétique ; 5/ : élimination. En outre, l'annexe 2 de la directive indique que la combustion des déchets en cimenterie est un mode de valorisation à part entière. Enfin, le BREF « ciment » récemment modifié préconise comme « Meilleure technologie disponible » (MTD) l'utilisation de déchets en tant que combustibles.

Les cimenteries françaises utilisent en effet peu de combustibles issus des déchets non dangereux (hors pneus usagés et farines animales) qui ne représentent qu'environ 2% de la charge énergétique totale des combustibles utilisés. En Allemagne et en Autriche le taux de substitution de l'énergie fossile par des CSR issus de déchets non dangereux en cimenteries est beaucoup plus élevé qu'en France. En Italie et en Grande-Bretagne, le taux de substitution est encore faible mais en forte progression depuis deux ans.

Estimation des tonnages de combustibles issus de déchets non dangereux consommés par les cimenteries en Europe³ (Unité : ktonnes/an, année 2005)

Autriche	150
Belgique	100
France	50
Allemagne (2006)	1500
Italie	180
Grande-Bretagne	100

Le contexte actuel semble favorable au développement de la filière CSR en France. Les industriels du secteur de l'Environnement et les collectivités regardent avec intérêt les développements dans d'autres pays. C'est pour eux une occasion de développer une nouvelle filière de valorisation complémentaire des filières d'élimination/valorisation traditionnelles et de

³ Source : ERFO (2005).

répondre aux obligations de valorisation édictées dans la législation européenne, sans oublier les engagements du Grenelle de l'Environnement.

Dans ce contexte, l'ADEME a fait réaliser un état de l'art de la valorisation énergétique des combustibles issus de déchets non dangereux en cimenterie, afin d'en identifier les performances et les limites, de recenser les bonnes pratiques, et d'en évaluer le potentiel de développement, pour être en mesure d'informer au mieux les collectivités, l'Administration, et les industriels susceptibles d'y faire appel.

C'est l'objet du présent rapport.

2 - METHODOLOGIE

L'étude s'appuie principalement sur les visites réalisées dans 21 sites industriels (unités de préparation de CSR et cimenteries) entre juin et septembre 2009 dans sept pays d'Europe.

Pour chaque unité, le processus s'est déroulé en trois étapes :

- envoi d'un questionnaire détaillé et exploitation des réponses ;
- visite détaillée de l'installation ;
- entretien approfondi avec un ou plusieurs responsables de la direction de l'usine ou de l'exploitation.

Les informations recueillies lors des visites ont été complétées par des entretiens avec des organismes de gestion des déchets et par une analyse bibliographique détaillée.

La méthode utilisée s'articule autour de quatre axes :

- caractérisation des bonnes pratiques et des contraintes auxquelles font face les industriels qui développent la filière des combustibles issus de déchets non dangereux pour des applications en cimenterie en Europe
- évaluation qualitative et quantitative des gisements de déchets potentiellement utilisables en France
- élaboration de recommandations destinées à stimuler le développement de la filière en France.

Champ des déchets étudiés

Le champ de l'étude couvre quatre gisements de déchets non dangereux :

- Les fractions à haut PCI issues des refus de tri de DIB (excluant la partie la plus homogène de cette fraction, susceptible d'aller vers le recyclage matière), y compris les déchets de production
- Les refus de tri des collectes sélectives de matériaux secs (emballages ménagers, ...)
- Les encombrants collectés en déchèteries
- Les fractions à haut PCI issues des installations de tri mécano-biologique (TMB) d'ordures ménagères résiduelles.

Le choix de ces quatre catégories de déchets a été fait a priori par le comité de suivi de l'étude, en excluant en particulier les gisements de déchets non dangereux déjà largement valorisés tels que les pneus usagés et les farines animales.

De nombreux termes sont utilisés pour caractériser les combustibles issus de déchets non dangereux : fluff, RDF, DSB.... **Dans l'ensemble de ce rapport nous utilisons l'expression « Combustible solide de récupération » (CSR).** Elle n'est pas définie juridiquement mais elle présente l'avantage d'avoir été choisie par la Commission Européenne comme point de départ du processus de normalisation de cette fraction combustible.

3 - ENSEIGNEMENTS DES VISITES SUR LES SITES ETUDIES

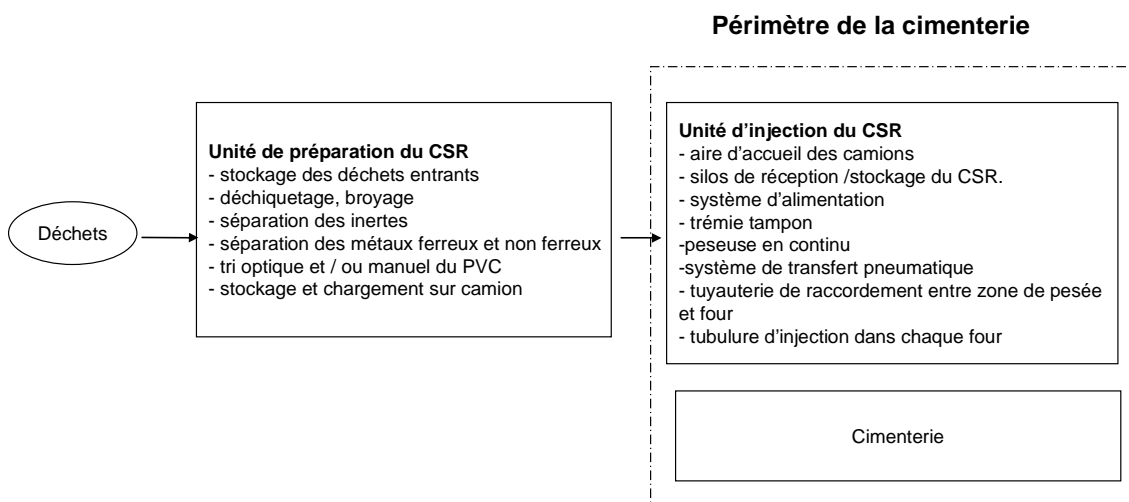
3.1. PANORAMA DES UNITES ETUDIEES

14 unités de préparation de CSR et 7 cimenteries réparties dans sept pays de l'Union Européenne ont fait l'objet d'une analyse approfondie⁴. La sélection des sites a été réalisée de manière à refléter la diversité des situations prévalant en Europe par rapport aux critères suivants :

- Au niveau des unités de préparation :
 - ✓ Types de déchets traités
 - ✓ Capacité de traitement
 - ✓ Age de l'unité
- Au niveau des cimenteries :
 - ✓ Unité de préparation intégrée (ou non) géographiquement à la cimenterie
 - ✓ Procédé de fabrication (voie sèche ou semi sèche)
 - ✓ Taux de substitution des combustibles fossiles
 - ✓ Capacité de production de la cimenterie
 - ✓ Utilisation du CSR dans le précalcinateur et / ou dans la tuyère principale
 - ✓ Cimenterie équipée (ou non) d'un by-pass chlore.

Le choix des pays s'est porté sur l'Allemagne, où l'industrie cimentière à un taux de substitution de l'énergie fossile par du CSR particulièrement élevé, ainsi que sur l'Italie, la Belgique, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Pologne et bien sur la France, où des développements intéressants de la filière CSR ont été identifiés.

3.2. SCHEMA GENERAL DE LA FILIERE CSR EN CIMENTERIE



⁴ Voir la liste de ces unités en Annexe 1. Dans quatre cas il a été possible d'étudier le couple « unité de préparation / cimenterie alimentée par cette unité ».

3.3. SPECIFICATION TECHNIQUE DU CSR

Avant d'aborder les spécificités relatives aux unités de préparation et aux cimenteries, il est utile d'effectuer une analyse détaillée de la spécification technique du CSR, son contenu, ses contraintes et ses limites.

Les critères suivants sont analysés ci-après :

- ✓ **PCI**
- ✓ **Teneur en humidité**
- ✓ **Teneur en chlore**
- ✓ **Granulométrie**
- ✓ **Corps étrangers**
- ✓ Teneur en cendres
- ✓ Taux de biomasse
- ✓ Teneur en métaux lourds
- ✓ Teneur en soufre
- ✓ Teneur en phosphore
- ✓ Densité

Bien que tous ces critères soient importants pour une exploitation optimale du CSR en cimenterie, nous avons indiqué en caractères gras ceux qui sont particulièrement cruciaux. Pour chacun d'eux nous avons comparé la spécification du CSR requis par chaque cimenterie étudiée avec les caractéristiques du CSR effectivement consommé par la cimenterie⁵.

Le PCI

Le PCI minimum requis est de 20 MJ/kg (pas de limite haute) en alimentation de la tuyère d'injection et de 16 MJ/kg (pas de limite haute) en alimentation du précalcinateur.

Dans les pays où l'utilisation du CSR en cimenterie a atteint un stade de maturité (ce qui n'est pas le cas en France) le PCI des CSR fournis est pratiquement toujours conforme à la spécification et les cimentiers signalent peu d'écarts. Ils soulignent que la régularité du PCI est aussi importante que sa valeur, les fluctuations étant préjudiciables à la productivité.

PCI des CSR préparés ou utilisés dans les sites visités (en MJ/kg)

Requis par le cimentier	Effectivement fourni	Point d'injection (T=Tuyère) (P=Précalcinateur)
20-21	20,5	T
17-24		T
20	20	T
16-20	17,5	P
21-23	22	P
18-25	21	T/P
16-17	16	T/P
16-17	16,7	T
20-23	21,5	P/T
20-24		
15,5		
22		
20	18	P/T

⁵ A titre d'information, le tableau présenté en annexe 3 résume sous une forme condensée les spécifications requises par les cimenteries françaises, sur la base des informations qui nous ont été transmises.

Teneur en humidité

Les cimentiers demandent une teneur maximale en humidité dans le CSR de 12 à 15 %, aussi bien pour la tuyère principale que pour le précalcinateur (à l'exception d'une cimenterie qui indique un taux maximum de 5 %).

Le seuil de 12% fréquemment cité est dû à trois raisons principales :

- la vapeur d'eau générée par la combustion du CSR provoque une augmentation du volume de gaz au niveau du four, préjudiciable à la capacité de production et par conséquent au rendement de la cimenterie. En outre, elle consomme de l'énergie pour son évaporation. La perte de production de clinker peut atteindre de 1 à 5% ;
- un taux d'humidité trop élevé peut entraîner un démarrage de fermentation dans le stockage de réception du CSR, avec des risques d'incendie,
- un taux d'humidité élevé augmente les risques de collage ou de réagglomération du CSR.

Trois cimentiers interrogés ont déclaré rencontrer des problèmes de non-conformité du CSR livré, du fait d'une teneur en humidité excessive. Dans certaines cimenteries, le taux d'humidité s'avère très fluctuant selon les livraisons de CSR, dans une fourchette large de 5 à 20 %.

Teneur en humidité des CSR préparés ou utilisés dans les sites visités

Requis	Effectivement fourni	Point d'injection (T=Tuyère) (P=Précalcinateur)
<5 %	5 %	T
	14,5 % (13-17)	P
<12 %	13 % (5 -15)	T/P
<12 %		T/««P
	<15 %	T
<15 %	19,70 %	T
<15 %	9-12 %	P
12 %		T
20 %	25 %	P/T
< 15 %		P/T
<20 %		
	<14 %	
	3 %	

Teneur en chlore

La teneur en chlore dans le CSR est généralement comprise entre 0,5 % et 1 % (le taux étant plus faible dans le cas des déchets de production). Certains préparateurs fabriquent un CSR dont la teneur en chlore fluctue fortement et dépasse parfois 1%, ce qui génère d'importants problèmes pour les cimentiers.

Teneur en chlore des CSR préparés ou utilisés dans les sites visités

Maximum requis par le cimentier	Produit effectivement fourni	Point d'injection	Taux de substitution total	Taux de substitution par du CSR	By-pass chlore	Point d'injection (T=Tuyère) (P=Précalcinateur)
<0,5 %	0,30 %	T	45 %	13 %	N	T
<0,5 %	0,61 % (0,55%-0,72 %)	P				
<0,8 %	0,50 %	T/P	20 %	4 %		T/P
<0,5 %		T/«P	N			
	0,6 % (avec pics à 1 %)	T				
<0,5 %	0,69%	T	14 %	9 %	N	T/P
<0,7 %		T				
<1 %						
<0,7 %		P	30 %	22 %	O	T/P
<0,6 %	0,60 %	T	90 %	20 %	N	T
0,70 %	1 %	P/T	36 %	16 %	O	T/P
<1 %		P/T	73 %	46 %	O	T/P
<0,7 %						
	1,05 % (0,1 %-2,3 %)					
	0,6 % (toujours <1 %)					

Le chlore contenu dans les déchets non dangereux utilisés par les cimenteries provient principalement du CSR, des farines animales et des résidus de STEP.

En l'absence totale de corps étrangers et avec un PCI convenable, la présence de chlore est le facteur limitant dans l'utilisation du CSR. Si le taux est trop élevé, la cimenterie réduit en conséquence le niveau d'alimentation en CSR (ce qui compte est l'apport global sur 2-3 jours ; un pic de 10 minutes est acceptable mais pas de plusieurs heures).

Une teneur moyenne trop élevée en chlore dans le CSR entraîne la formation d'un anneau de gangue à la hauteur de la zone d'injection des combustibles, qui provoque une obstruction progressive du four. Afin d'éviter ce problème, certaines cimenteries sont équipées d'un by-pass consistant en un système d'aspiration des gaz généralement installé dans la zone de transition entre le four rotatif et le préchauffeur. Les poussières récupérées sont généralement réintroduites dans le clinker, sous réserve que leur quantité ne soit pas excessive. Les cimenteries équipées d'un by-pass chlore peuvent plus facilement accepter des taux pouvant aller jusqu'à 0,7 % sans rencontrer de problèmes opératoires réducteurs.

Toutefois, le by-pass chlore demeure un système coûteux et difficile à entretenir qui ne résout pas totalement les difficultés posées par le chlore dans le procédé cimentier (en particulier la gestion des poussières chlorées ...). En outre, seules les cimenteries fonctionnant sur le procédé par voie sèche peuvent être équipées d'un by-pass, c'est-à-dire à peine la moitié du parc des cimenteries françaises.

Granulométrie

La spécification relative à la granulométrie du CSR est variable d'une cimenterie à l'autre. Elle dépend du point d'injection. Certaines cimenteries fixent des seuils maximum par plages de dimensions (par exemple : 100 % < 50 mm ; 90 % < 40 mm), tandis que d'autres fixent une plage ou un maximum uniques.

Plusieurs cimentiers soulignent des problèmes engendrés par des morceaux trop longs ou trop épais, dont la combustion lente peut entraîner des perturbations, des bouchages et une usure prématurée des installations. La plupart des unités visitées à l'étranger sont bien organisées et correctement équipées et arrivent à gérer cette contrainte. En France cela reste un problème majeur à traiter en priorité.

La spécification en granulométrie est un compromis technico-économique. La présentation idéale d'un CSR serait celle d'un charbon moulu tel que produit actuellement par les cimenteries. A PCI égal au charbon et avec une teneur en chlore très faible, un tel CSR permettrait une substitution à 100 %. Toutefois, pour arriver à ce stade d'élaboration le coût de production du CSR serait très supérieur à celui du charbon moulu. En outre, il n'existe pas à notre connaissance les outils permettant d'atteindre ce niveau d'élaboration du CSR.

Le compromis prend donc en compte les données techniques du four et de l'installation de préparation du CSR, les coûts liés à la préparation du CSR et ceux de son utilisation en cimenterie. Le cahier des charges du CSR s'élabore pour obtenir un juste équilibre : un CSR mal préparé limitera fortement la capacité d'injection, un CSR trop finement préparé aura un coût excessif.

Enfin, on notera qu'aucun standard n'est utilisé pour qualifier la caractéristique « 3D » d'un CSR. Un matériau 2D a une forme plate, présente une surface d'échange maximale au kg de matière, permettant une vitesse d'inflammation élevée. Un matériau 3D est un volume qui s'inscrit dans une sphère, un cube ou un parallélépipède. Sa surface d'échange est plus réduite il aura plus tendance à faire « long feu ».

Granulométrie des CSR préparés ou utilisés dans les sites visités

Maximum requis par le cimentier	Produit effectivement fourni	Point d'injection (T=Tuyère) (P=Précalcinateur)
<30 mm	<30 mm	T
	100 % < 50 mm 90 % < 40 mm	P
	0-10 mm : 40 à 45 % 10-30 mm : 10 %	T/P
	0-16 mm 0-20 mm selon clients	T/<<P
	<25-30 mm	T
<20 mm		T
<30 mm	<30 mm	P
<20 mm		T
20 – 30 mm		P/T
	<80 mm	

Corps étrangers (échappées)

La présence d'échappées dans le CSR (grosses pièces métalliques, pierres, morceaux de bois.....) est un point critique. Elle peut entraîner des incidents graves (bourrages, casse d'outils et surtout incendies, voire explosions). Elle contribue également à abaisser le PCI, à accroître la teneur en cendres et à augmenter l'abrasion des conduites d'injection pneumatique et l'usure des installations. Ces échappées proviennent surtout de la « contamination » des stocks chez le préparateur, des godets des chargeuses ou de camions mal nettoyés. Toute la chaîne de manutention et de traitement des CSR (livraison des déchets, préparation, stockage produit fini, chargement et transport) doit donc être l'objet d'un processus « qualité » sans faille.

Certains cimentiers insistent également sur les précautions à prendre concernant la teneur en fibres dans les déchets, qui ne doit pas être trop élevée afin d'éviter les risques d'agglomération.

Teneur en cendres⁶

La valorisation du CSR en cimenterie consiste non seulement en un apport d'énergie mais également en un apport de matière. En effet, les cendres issues de la combustion du CSR se combinent chimiquement dans le clinker fabriqué. La teneur en cendres, quand elle est constante, n'est pas une difficulté en cimenterie.

La teneur en cendres du CSR se situe dans une fourchette large comprise entre 8 % et 25 %. Les écarts observés entre la spécification et le produit fourni sont peu nombreux et extrêmement faibles.

Teneur en cendres des CSR préparés ou utilisés dans les sites visités

Requis par le cimentier	Effectivement fourni	Point d'injection (T=Tuyère) (P=Précalcinateur)
10 %	10 %	T
	13 % (12-14,5)	P
	8-17 %	T/P
	<15 %	T
15 %	15,34 %	T
20 %		P
	15 %	T
25 %		P/T
<15 %		
	12 %	
15 %	15 %	P/T

⁶ Les CSR issus des ordures ménagères résiduelles et des déchets riches en papier-carton ont une forte teneur en cendres. Les CSR issus de déchets riches en plastiques ont une faible teneur en cendres.

Taux de biomasse

Le taux de biomasse optimum pour le cimentier résulte d'un équilibre entre :

- maximiser le taux de biomasse car les émissions de CO₂ correspondantes ne sont pas comptabilisées dans les quotas des PNAQ ;
- minimiser le taux de biomasse car son pouvoir calorifique reste limité, donc insuffisant pour atteindre les niveaux d'énergie nécessaire à la clinkérisation.

Le taux de biomasse du CSR (exprimé en % massique sur matière sèche) varie entre 40 % et 60 % en poids selon les cimenteries visitées. Dans certaines d'entre elles ce taux fluctue fortement (dans l'une des cimenteries visitées, le taux est de 52 % en moyenne avec des fluctuations comprises entre 41 % et 85 %).

Teneur en métaux lourds

Tous les cimentiers ont un cahier des charges et des exigences strictes en la matière. Les teneurs en métaux lourds dans les émissions et dans les clinkers sont réglementairement et techniquement limitées⁷ et nécessitent une bonne connaissance des apports par le CSR. Selon les teneurs observées, une surveillance voire une limite maximale sont portées au cahier des charges du CSR.

Un tri initial des déchets efficace et une installation de préparation bien conçue permettent de respecter les limites en métaux lourds de manière tout à fait satisfaisante.

Pour mémoire, le standard RAL de l'association allemande pour la qualité (Guetegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclinbholz e.V, regroupant environ 80 membres dont de nombreux préparateurs de CSR) relatif aux teneurs limites en métaux dans le CSR est indiqué dans le tableau ci-après:

⁷ Les limites sont fixées par l'arrêté du 20/09/02 (modifié par l'arrêté du 10 février 2005).relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux, et par les arrêtés préfectoraux des cimenteries.

	CSR fabriqué à partir de déchets ménagers (ppm sur produit sec)	CSR fabriqué à partir de déchets de production (ppm sur produit sec)
Cd	4,00	4,00
Hg	0,60	0,60
Tl	1,00	1,00
As	5,00	5,00
Co	6,00	6,00
Ni	25,00	80,00
Se	3,00	3,00
Te	3,00	3,00
Sb	25,00	25,00
Pb	70,00	190,00
Cr	40,00	125,00
Cu	200,00	400,00
Mn	50,00	250,00
V	10,00	10,00
Sn	30,00	30,00
Be	0,50	0,50

Teneur en soufre

Les teneurs en soufre dans les émissions et dans les clinkers sont réglementairement et techniquement limitées et nécessitent une bonne maîtrise des apports par le CSR. Selon les teneurs observées, une surveillance voire une limite maximale sont portées au cahier des charges

La teneur en soufre (en % sur matière sèche) est fixée généralement entre 0,5 % et 1 % par les cimentiers. Aucun cas de dépassement n'a été identifié. Le soufre constitue une contrainte pour les préparateurs fabricant du CSR à partir d'encombrants, à cause de la présence de plâtre dans les déchets (voir chapitre suivant relatif aux unités de préparation).

Teneur en phosphore

Le phosphore constitue une contrainte pour les cimentiers car il entraîne une augmentation du temps de prise du ciment. Toutefois, les CSR en contiennent peu. On le trouve principalement dans les farines animales et dans certaines boues urbaines.

Densité

Un cimentier préconise d'utiliser un CSR suffisamment dense (sans fixer toutefois de niveau plancher) pour éviter tout problème lors de la descente du produit dans la trémie avant pesée. Pour augmenter la densité, le produit est parfois densifié sous la forme de « soft pellet ». Il faut toutefois veiller à ce que les pellets ne soient pas trop agglomérés car leur combustion deviendrait difficile et cela génère un coût de préparation supplémentaire non strictement nécessaire.

La densité du CSR est aussi un compromis technico économique. En particulier, les CSR à très faible densité augmentent fortement le coût du transport. Par ailleurs les matériels de manutention en cimenterie doivent être dimensionnés pour prendre en compte cette densité et surtout la propension au voûtage.

3.3.1. Nature et caractéristiques des équipements nécessaires pour faire fonctionner une cimenterie avec du CSR

Les équipements nécessaires pour qu'une cimenterie puisse fonctionner avec du CSR, dans le cas d'une injection dans la tuyère principale, sont a minima :

- une aire d'accueil pour les camions
- un ou plusieurs silos de réception /stockage intermédiaire du CSR. Dans certaines cimenteries, l'installation permet d'accueillir jusqu'à 6 semi-remorques simultanément
- un système d'alimentation automatique (pneumatique ou par bande transporteuse) vers la trémie tampon
- une ou plusieurs trémies tampon
- une ou plusieurs peseuses en continu + les systèmes de transfert pneumatique
- une ou plusieurs tuyauteries de raccordement entre la zone de pesée et le (les) four(s) (une ligne par four)
- une tubulure d'injection du CSR dans chaque four
- un dispositif de sécurité anti-incendie (détection + système d'extinction)
- la mise en place d'une procédure de contrôle qualité.

Plusieurs précautions importantes sont à prendre en compte au niveau du système de réception et d'injection du CSR :

- Il est préférable que le dépotage s'effectue dans des alvéoles fermées assurant l'étanchéité lors du déchargement des camions, afin d'éviter la propagation des poussières. Dans ce cas, un système d'aspiration est indispensable ;
- La pesée du CSR à injecter dans la tuyère doit être très précise ;
- Il faut veiller à l'homogénéité du CSR pour faciliter le transport pneumatique vers la tuyère d'injection ;
- La présence de petits cailloux ou de morceaux de verre pose (ou a posé) d'importants problèmes d'abrasion au niveau des installations de dosage du CSR et des coudes des conduites de transfert du CSR entre la station de dosage et le précalcinateur ou la tuyère d'injection. Cette usure mécanique se traduit par l'obligation de changer fréquemment les revêtements internes. C'est un point critique que l'on ne peut traiter qu'en préparant convenablement le déchet.

3.3.2. Problèmes d'approvisionnement en CSR

Peu de problèmes sont signalés, les ruptures d'approvisionnement étant ponctuelles et peu fréquentes. Un seul cimentier déplore des problèmes liés au peu d'empressement de son préparateur de déchets, qui semble donner la priorité à la fabrication de fractions recyclables.

Par contre, dans tous les pays visités, les quantités de CSR disponibles ont tendance à diminuer sous l'effet de deux facteurs :

- on constate une tendance des préparateurs à essayer de maximiser le recyclage, les produits recyclés étant valorisables à un meilleur prix, même si cela dépend beaucoup du moment, des cours des matériaux...
- l'augmentation du tri des déchets à la source.

Ce point est détaillé au chapitre 4.

3.3.3. Qualité du CSR

Nature, causes et fréquence des non conformités du CSR

Exemples cités par différents cimentiers :

- On observe parfois des déviations sur la teneur en humidité en cas de pluie sur des balles de déchets ;
- Les écarts sont dus le plus souvent à la teneur en chlore ou à la teneur en humidité. Lorsqu'un écart est observé, on est contraint de réduire la proportion de CSR introduit dans le four ;
- Deux critères sont systématiquement contrôlés sur le CSR livré (prélèvement par échantillonnage à l'arrivée dès que le camion est déchargé) : la teneur en chlore et le taux d'humidité. Si l'un de ces taux est excessif, les camions suivants font l'objet d'un contrôle détaillé ;
- La fréquence de non-conformités sur la teneur en chlore est élevée ;
- Les camions de livraison sont fermés. Il s'ensuit parfois une prise en masse partielle à cause de la condensation lorsque ces derniers séjournent trop longtemps avant d'être déchargés.

Nature, ampleur, fréquence et causes des non conformités selon le type de déchets utilisés

- Les CSR issus de déchets de production (chutes de fabrication ou de transformation) sont réguliers en qualité. Les écarts par rapport à la spécification sont très rares.
- Les CSR obtenus à partir de la fraction à haut PCI issue d'unités de tri mécano-biologique présentent des écarts fréquents et importants sur la teneur en chlore. Ceci peut s'expliquer par les fortes fluctuations des caractéristiques de certaines OMR.
- Les CSR issus des DIB en mélange présente parfois des écarts, mais plus faibles que dans le cas du CSR issu des OMR. Les lots de CSR refusés sont rares.
- Les CSR issus des refus de tri de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...) pose parfois des problèmes de teneur en chlore. Un cimentier interrogé signale 5 à 6 dépassements par an.
- Les CSR issus des encombrants de déchèteries présentent également des écarts sur le taux de chlore, mais ce taux est en diminution régulière.

Démarche qualité des cimentiers relativement à la qualité du CSR consommé

Les problèmes de non conformité du CSR sont suivis par les cimentiers au moyen d'un processus de concertation / optimisation régulier (réunions mensuelles) avec son (ses) fournisseur(s). Ces écarts donnent rarement lieu à des refus de livraison.

Les pratiques de contrôle qualité sont variables selon le cimentier :

- Contrôle visuel à la livraison ;
- Contrôle sur échantillon du premier camion livrant du CSR en provenance de chaque fournisseur ;
- Contrôle d'un échantillon pour chaque 200 t de CSR livré (500 t pour les fournisseurs les plus fiables) ;
- La différence entre poids réel et poids annoncé, l'odeur et le caractère « gluant » du CSR sont des signes négatifs importants à prendre en compte au moment de la livraison du CSR ;
- Prélèvement d'un échantillon par camion pour constituer un échantillon moyen hebdomadaire ou mensuel.

Le contrôle qualité du CSR en laboratoire

Des problèmes de divergences ont été signalés entre les mesures du cimentier et du préparateur au niveau des teneurs en humidité et en chlore. D'une manière générale, le manque d'harmonisation des méthodes d'échantillonnage et le manque de fiabilité des mesures posent de sérieuses difficultés et des progrès notoires restent à faire en la matière.

3.3.4. Qualité du clinker

Principales causes et fréquence des non conformités du clinker

Les variations des caractéristiques du cru constituent la cause la plus fréquente de non conformité du clinker. Deux autres facteurs sont également cités par les cimentiers rencontrés :

- les STEP peuvent contenir une proportion élevée de cendres (environ 35%) conduisant à une détérioration de la qualité du clinker
- les fluctuations de qualité du coke.

Aucun impact sur la qualité du clinker lié à l'utilisation du CSR (en particulier la teneur en chlore et en métaux lourds) n'a été mentionné par les cimentiers. En pratique, aucune des cimenteries étudiées n'a effectué de déclaration de non conformité du clinker au cours des années 2007 et 2008 du fait d'une qualité insuffisante du CSR utilisé.

Un cimentier signale toutefois que l'utilisation de CSR se traduit parfois par une flamme trop molle au niveau du four et peut conduire à des modifications de la structure cristalline et de la granulométrie du clinker, et à l'apparition de « fines » gênantes.

En conclusion, l'utilisation d'un CSR correctement élaboré n'entraîne pas de non conformités du clinker.

Démarche qualité utilisée pour vérifier la conformité du clinker

Outre les contrôles effectués plusieurs fois par jour, des analyses par spectrométrie et par diffractométrie sont effectuées à intervalles réguliers pour contrôler les caractéristiques du clinker.

3.3.5. Impact de l'utilisation du CSR sur les émissions atmosphériques

Toutes les cimenteries suivent une procédure stricte de mesures et de contrôles leur permettant de s'assurer que les émissions gazeuses à la cheminée sont conformes aux limites imposées par la Directive 2000/76/CE du Parlement Européen et du Conseil du 4 décembre 2000 relative à l'incinération et la co-incinération des déchets et par sa transposition nationale, ainsi que par les organismes de contrôle locaux et nationaux (en France, ces limites sont précisées sur les arrêtés préfectoraux de chaque établissement). Le tableau ci-dessous montre les types de contrôles effectués, sur trois exemples de cimenteries visitées.

Mesures à la cheminée effectuées par trois cimenteries
(C : mesure en continu / P : Mesure ponctuelle)

Polluant	Teneur maxi admissible (norme européenne)	Cimenterie 1	Cimenterie 2	Cimenterie 3
Poussières totales	30 mg/m ^{3*}	C	C	C
HCl	10 mg/m ^{3*}	P	C	C
HF	1 mg/m ^{3*}	P	C	P
NOx	800 mg/m ^{3*}	C	C	C
Cd + Tl	0,05 mg/m ³	P	P	P
Mercure	0,05 mg/m ³	P	P	P
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5 mg/m ³	P	P	P
Dioxines et furannes	0,1 ng/m ³	P	P	P
SO ₂	50 mg/m ^{3*}	C	C	C
Carbone organique total (COT)	25 mg/m ^{3*}	C	C	C
NH ₃				C
O ₂				C
CO				C

* Moyenne journalière

3.4. CIMENTERIES

3.4.1. Caractéristiques générales des cimenteries étudiées

Capacité de production : Les capacités des sept cimenteries étudiées se situent dans une plage large comprise entre 370 000 et 2 millions de tonnes de clinker par an.

Procédés : Deux cimenteries fonctionnent avec la voie semi-sèche et cinq avec la voie sèche.

Trois cimenteries sont équipées d'un précalcinateur et trois d'un by-pass chlore.

Localisation géographique des unités de préparation par rapport à la cimenterie : Chaque cimenterie est alimentée par 1 à 3 unités de préparation. Dans deux cas, cette dernière est située dans le même périmètre que la cimenterie. Les distances entre unité de préparation et cimenterie s'échelonnent entre 60 et 200 km, avec une moyenne de 128 km.

Caractéristiques générales des cimenteries étudiées

Production de clinker (tonnes/an, 2008) (C= capacité)	700 000 [C]	850 000 [C]	2 000 000 [C]	1 600 000 [C]	2 000 000 [C]	370 000 [C]	1 400 000 [C]
Procédé	Voie semi-sèche	Voie sèche	Voie sèche	Voie sèche	Voie sèche	Voie sèche	Voie semi-sèche
By-pass chlore	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Précalcinateur	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui

3.4.2. Taux de substitution

Le taux de substitution des combustibles fossiles par des combustibles de substitution dans les cimenteries étudiées se situe dans la fourchette 14 % - 90 % (pourcentage exprimé en charge énergétique). Les combustibles utilisés sont principalement des résidus de STEP, des pneus usagés, des farines animales, des huiles usagées et autres déchets dangereux, du CSR et dans une faible proportion des produits comme des déchets de bitumes d'étanchéité.

En France, la part des huiles usagées est beaucoup plus élevée que dans les autres pays.

Le taux de substitution par du CSR (issu des quatre catégories de déchets objets de la présente étude) dans les cimenteries étudiées se situe dans la fourchette 4 % - 46 %.

Pour mémoire, le taux global de substitution dans les cimenteries (moyenne nationale) atteignait en 2008 :

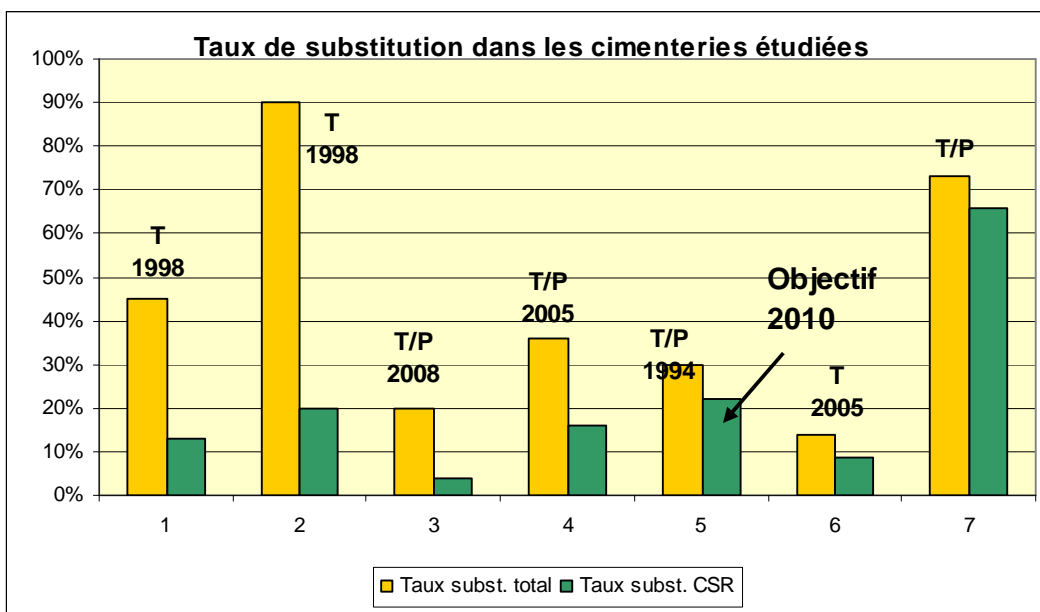
- 27 % en France⁸, dont environ 2% par du CSR,
- 54 % en Allemagne (52,5 %⁹ en 2007), dont environ 35 % de CSR.

⁸ Source : SFIC

⁹ Source : VDZ

Combustibles de substitution : 52,2 MGJ ; énergie totale consommée : 99,5 MGJ ; soit un ratio de 52,5 %, réparti par combustible de substitution de la manière suivante:

- CSR à partir de DIB : 31 %
- CSR à partir de déchets ménagers : 2,8 %
- Pneus usagés: 7,5 %
- Farines animales: 5,2 %
- Huiles usées: 2,2 %
- Boues d'épuration, autres : 3,8 %

**Légende :**

T : Alimentation de la tuyère principale

P : Alimentation du précalcinateur

2005 : Année de première utilisation du CSR (non disponible dans le cas de la cimenterie n°7)

La conception du four et la qualité des combustibles de substitution limitent le taux de substitution d'un four de cimenterie. Un taux de substitution de 10 % par un CSR de PCI moyen (inférieur à 18 - 20MJ/kg) est facilement atteignable dans pratiquement n'importe quel type de four. Au delà de 10 % le four devra être progressivement adapté à la consommation de CSR.

Dans les fours de conception ancienne, au-delà de 20 à 30% de CSR, on observe parfois des problèmes de fluctuations de la charge thermique liés à l'instabilité de la flamme. Cela conduit à des risques de « burn-out incomplet » : le CSR tombe dans le clinker avant d'avoir brûlé ; la combustion se déroule alors dans le clinker et provoque l'apparition de zones de réduction nuisibles à la qualité du clinker.

Les cimenteries équipées de fours de nouvelle génération avec des systèmes d'injection performants utilisent jusqu'à 90 % de combustibles de substitution.

Le taux de chlore est un critère absolu de sélection d'un combustible de substitution. La quantité de chlore introduite augmente le nombre d'arrêts de production et génère une corrosion accélérée des équipements. Par ailleurs ce taux est limité réglementairement.

Les cimenteries équipées d'un by-pass chlore acceptent facilement des taux pouvant aller jusqu'à 0,7% sans rencontrer de problèmes opératoires. Le by-pass chlore, quand il est techniquement possible de l'installer (sur procédé sec uniquement, c'est-à-dire environ la moitié du parc des cimenteries françaises), permet d'augmenter, dans une certaine mesure, la tolérance du procédé vis à vis des teneurs en chlore. Toutefois, comme déjà mentionné précédemment, il demeure un système coûteux et difficile à entretenir qui ne solutionne pas totalement les difficultés posées par le chlore dans le procédé cimentier (en particulier la gestion des poussières chlorées ...).

Les corps étrangers et la granulométrie sont également des critères très importants : ils constituent le facteur limitant en France aujourd'hui, avant le chlore : on observe jusqu'à 3-4 bourrages par poste, ce qui induit des à-coups dommageables pour les fours et réduit significativement la durée de vie des installations.

La sélection des déchets entrant dans la composition du CSR (en particulier l'élimination du PVC), un process de préparation bien adapté aux déchets entrants et aux spécifications requises pour le CSR, et un suivi de la qualité du CSR produit devraient permettre d'atteindre des taux de substitution élevés.

Compte tenu des informations fournies par les responsables interrogés, on peut retenir comme hypothèse réaliste à moyen terme une consommation de CSR de 1 million de tonnes par les cimenteries françaises, correspondant à un taux moyen de substitution des combustibles fossiles de l'ordre de 30 %.

3.5. UNITES DE PREPARATION DU CSR

3.5.1. Caractéristiques des unités étudiées

Etapes de préparation : Les procédés de préparation du CSR utilisés dans les unités visitées sont basés sur un schéma général analogue, comprenant les étapes suivantes :

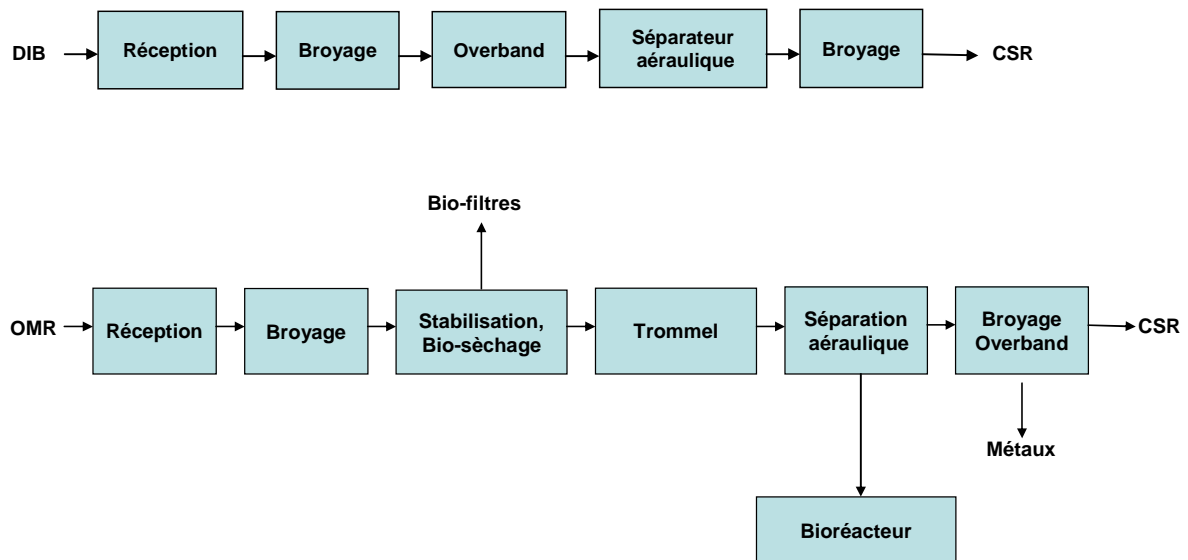
- stockage des déchets entrants (sous abri ouvert afin de favoriser leur séchage et de les protéger de la pluie)
- déchiquetage et broyage
- séparation des inertes lourds (avec parfois un séparateur aéraulique)
- séparation des métaux ferreux et non ferreux (overband + système à courant de Foucault)
- tri optique¹⁰ et / ou manuel pour éliminer le PVC
- stockage sous abri du CSR fabriqué et chargement sur camion (bennes à fond mouvant de gros volume).

Capacités : 15 000 t/an à 145 000 t/an

Investissement : 2 à 12 millions d'€

¹⁰ Plusieurs unités de préparation visitées n'ont pas de tri optique.

Les deux schémas ci-dessous montrent deux configurations correspondant à des unités visitées, la première à partir de DIB, la seconde à partir d'OMR. Dans le second cas, nous avons représenté l'ensemble de la chaîne de traitement, y compris la partie traitement mécano-biologique en amont. D'autres techniques de séparation peuvent être utilisées, en complément ou en remplacement du séparateur aéraulique: trommel, séparateur balistique, cribles, tamis vibrant....



Sur la base de ces schémas génériques, les opérateurs ont décliné des schémas de procédés variés, qui diffèrent principalement par rapport aux critères suivants :

- La nature des déchets utilisés : dans les unités de préparation utilisant des déchets de production, les étapes de tri des métaux et d'élimination des fines et des gros calibres sont réduites au minimum car les déchets sont plutôt homogènes, réguliers en qualité et peu contaminés. Dans ce cas, l'unité de préparation n'est pas apte à traiter d'autres types de déchets (moins homogènes)
- Les fractions produites : à l'exception d'une unité dont l'objectif est de maximiser la production de fractions valorisables par recyclage matière (plastiques, papier-carton, bois, métaux...) toutes les unités visitées ont pour vocation de maximiser la production de CSR. Dans le premier cas, le procédé est nettement plus complexe.
- La qualité du tri : Nous avons déjà souligné précédemment les contrastes entre les unités visitées en terme de qualité du tri. En particulier, certaines unités sont équipées de systèmes de tri optique par infra-rouge¹¹ pour la détection du PVC.

Lorsque ces unités de préparation traitent des fractions à haut PCI issues du tri mécano-biologique des ordures ménagères résiduelles, elles sont basées sur la même logique que les unités traitant des DIB. Leur spécificité vient du fait qu'elles sont géographiquement connexes à l'unité de TMB située en amont. Il convient toutefois de noter que ces fractions à haut-PCI entrant dans l'installation de broyage et de tri mécanique sont aujourd'hui considérées comme des refus de tri dans les unités de tri-compostage en France.

¹¹ L'une des unités visitées utilise un équipement de tri optique positif (les matériaux « non-PVC » sont identifiés et récupérés). Cela permet d'augmenter la qualité du CSR mais diminue le rendement du tri.

Age des unités

Les unités étudiées sont généralement récentes. Onze unités sur 13 ont moins de 5 ans.

Année de démarrage des unités de préparation visitées

Année	Nombre
1980	1
2002	1
2004	2
2005	4
2006	2
2007	1
2008	2

Types de déchets utilisés

Les déchets utilisés pour la fabrication du CSR sont classés en quatre catégories :

A1: Fractions dites « haut PCI » issues des refus de tri de DIB (en excluant la partie la plus homogène de cette fraction, susceptible d'aller vers le recyclage matière)

A2: Déchets de production

B: Refus de tri des collectes sélectives des matériaux secs (emballages ménagers, ...)

C: Encombrants collectés en déchèteries

D: Fractions dites « haut PCI » issues des installations de tri mécano-biologique (TMB) d'ordures ménagères résiduelles.

Il est important de souligner que la fabrication du CSR s'intègre dans un processus de tri en amont des déchets. Dans le cadre du principe de hiérarchisation des voies de valorisation des déchets, et compte tenu des contraintes réglementaires instaurées dans un nombre croissant de pays (Pays-Bas, Belgique...) pour favoriser la réutilisation et le recyclage, les déchets doivent en effet être préalablement triés (soit à la source par le détenteur du déchet, soit par un collecteur/trieur spécialisé) afin de séparer les fractions pouvant faire l'objet d'une réutilisation ou d'un recyclage matière. Ce n'est qu'après cette opération de tri en amont que la fraction non valorisable par recyclage est envoyée vers des unités de préparation de CSR.

Déchets utilisés par les unités de préparation visitées

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A1: Fraction haut PCI issue des refus de tri de DIB (en excluant la partie la plus homogène de cette fraction, susceptible d'aller vers le recyclage matière)	20 %		80 %	>90 %	>90 %		9 %	Oui	10 %	20 %		DIB	70 %	100 %
A2: Déchets de production	80 %					12 %	21 %	Oui				Plastiques		
B1: Refus de tri des collectes sélectives des matériaux secs (emballages ménagers,...)						13 %				5 %	100 %			
B2: Refus de tri de la fraction plastique des collectes sélectives des matériaux secs (emballages ménagers,...)							70 %							
C: Encombrants collectés en déchetteries			20 %	10 %	Faible				10 %	75 %		Oui	30 %	
D: Fractions à haut PCI issues des installations de tri mécano-biologique d'ordures ménagères résiduelles		100 %				75 %		Oui	80 %			Oui, si PCI assez élevé		
<u>Pour mémoire:</u> Usage en cimenterie dans le précalcinateur (P) ou dans la tuyère principale (T)	T	P	T	P/T	T/P	P	T / P	T	P	T/P				

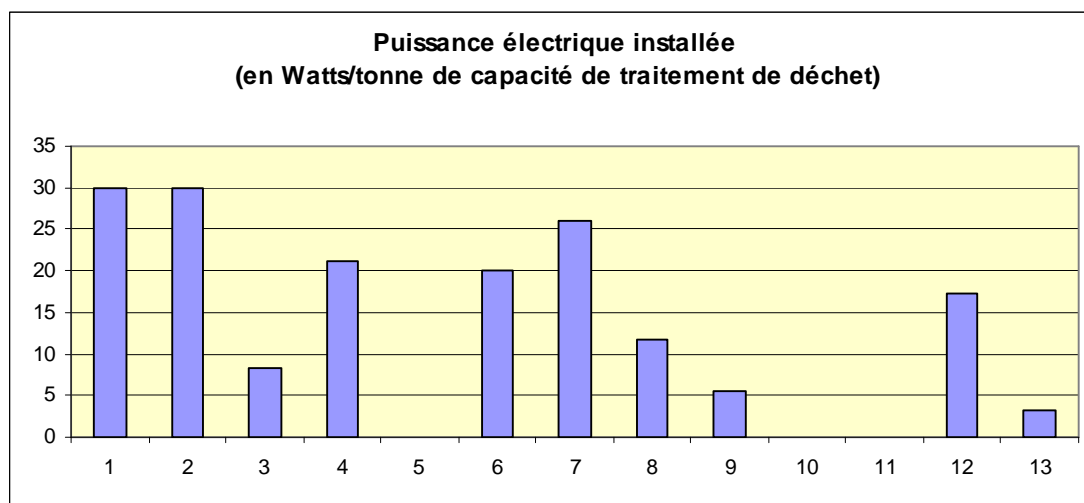
Taux de refus

Les refus de préparation du CSR sont constitués principalement d'inertes (jusqu'à 10 à 15 % de verre et de cailloux) et de 1 à 10 % de fines. Ces matériaux sont soit réutilisés (par exemple par incorporation dans des liants routiers) soit mis en décharge.

Puissance électrique installée

La puissance électrique installée des unités de préparation étudiées est comprise entre 0,5 et 3,5 MW. Ceci correspond à une puissance unitaire de 5 à 30 Watts par tonne de capacité de déchet traité.

Cette forte dispersion s'explique principalement par les différences de qualité du CSR fabriqué (et donc par l'intensité et le nombre d'opérations de broyage). En outre, dans deux unités visitées (9 et 13 dans le graphique ci-dessous), les broyeurs primaires fonctionnent au gazole.



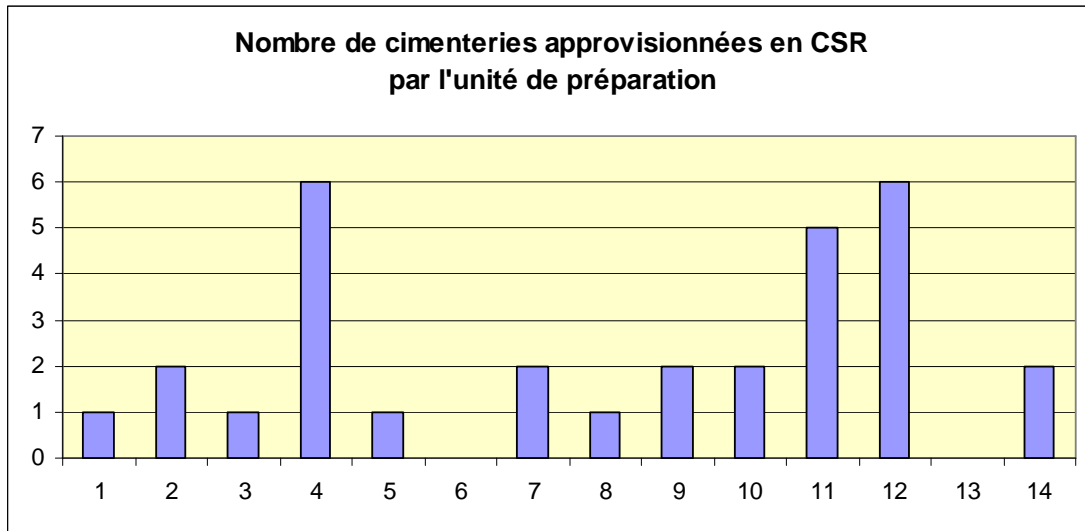
Note : pour les usines 5, 10 et 11, l'information n'a pas été communiquée par les interlocuteurs rencontrés.

Nombre de postes de travail

Dans les trois-quarts des unités visitées le travail est organisé en 2 postes sur 5 ou 6 jours. Conséquence de la faible demande actuelle, quelques unités sont organisées en 1 ou 2 postes selon la période ou le jour de la semaine. Deux unités déclarent travailler en 3 postes.

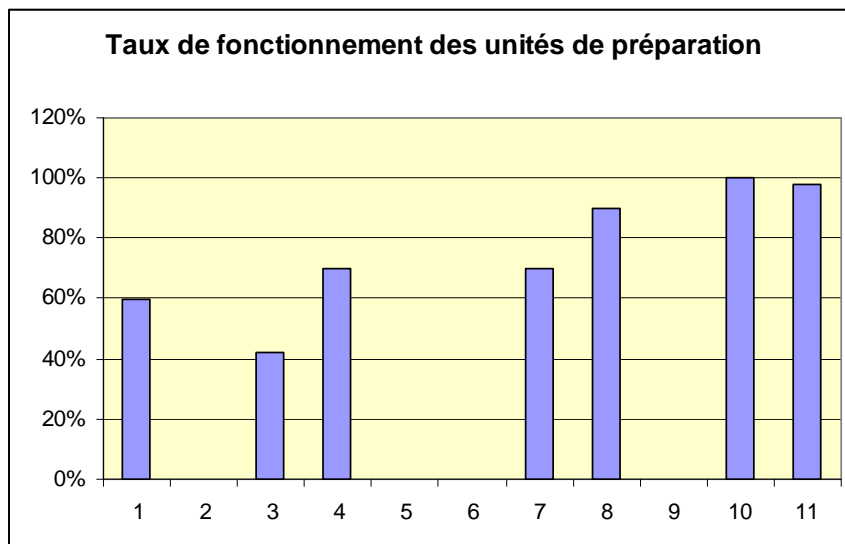
Nombre de cimenteries approvisionnées en CSR

La majorité des unités de préparation visitées approvisionne une ou deux cimenteries. Le nombre peu élevé d'exutoires cimentiers constitue une contrainte difficile à gérer pour certains préparateurs, pour qui la marge de manœuvre commerciale est réduite.



Taux d'utilisation des unités

Les taux d'utilisation sont compris entre 40 % et 100 %, avec une moyenne de 76 %. L'activité de certains préparateurs a nettement baissé depuis un an du fait de la conjoncture défavorable du marché du ciment.



Notes :

- 100% = production annuelle maximale en 3 postes, compte tenu des arrêts normaux pour maintenance
- pour les usines 2, 5, 6 et 9, l'information n'a pas été communiquée par les interlocuteurs rencontrés.

3.5.2. Procédure de contrôle qualité du CSR

Les procédures de contrôle qualité sont très variables d'un préparateur à l'autre. Ceci tient aux différences de pratiques et de rigueur de gestion de la qualité et surtout à la nature éminemment variable des différents types de déchets traités :

- les préparateurs utilisant des déchets de production, des DIB et des refus de tri de collecte sélective ont tendance à pratiquer un contrôle en amont, en anticipant les problèmes de qualité quand le déchet est encore chez le détenteur et en aidant ce dernier à orienter si nécessaire une partie de ses déchets vers d'autres types de traitement. La pratique consistant à mesurer la teneur en chlore et la teneur en humidité sur les déchets entrant dans l'unité de préparation est rarement utilisée.
- dans le cas des déchèteries, des fiches d'homologation déchet sont parfois utilisées, afin d'informer les producteurs de déchets des consignes de tri par benne.
- dans les unités qui traitent des fractions à haut PCI issues d'unités de TMB d'ordures ménagères résiduelles le préparateur (généralement intégré à l'unité de TMB située en amont) pratique un contrôle en aval sur le CSR fabriqué.

Les préparateurs imposent rarement une spécification formelle aux producteurs de déchets.

Procédures de contrôle qualité les plus fréquentes parmi les préparateurs étudiés

		Déchets de production	DIB, refus de collecte sélective	Encombrants de déchèteries	Fraction à haut PCI issues d'unités de TMB
Contrôle en amont chez le fournisseur de déchets		x	x	Fiche d'homologation (plâtre et PVC)	
Contrôle des déchets à l'entrée de l'unité de préparation	Contrôle visuel *	x	x	x	x
	Mesure par échantillonnage (chlore, humidité, cendres)	x (peu fréquent)	x (peu fréquent)	x (peu fréquent)	
Mesure de teneur en chlore, humidité et cendres par échantillonnage		x	x	x	x

* En général, un contrôle visuel est effectué par le conducteur de l'engin qui charge le broyeur primaire.

3.6. BILAN CARBONE DE LA SUBSTITUTION

3.6.1. Mix énergétique moyen des cimenteries en France

Le tableau ci-dessous montre la répartition de la consommation de combustibles par les cimenteries françaises en 2008 (source : SFIC).

A noter qu'en 2007 le CSR représentait 72 600 tonnes¹², soit une partie seulement des postes « Autres DIB biomasse » et « Autres DIB non biomasse » de ce tableau.

Mix énergétique 2008 de l'industrie cimentière française

		Tonnes	PCI	TJ	% par rapport à la consommation énergétique totale	Facteurs d'émission (tCO ₂ /TJ)	CO ₂ (kt)
Combustibles solides	Charbon	363 373	26,09	9 480	14,0 %	95	901
	Coke de pétrole	882 020	34,57	30 491	45,0 %	96	2 927
Combustibles liquides		65 438	39,49	2 584	3,8 %	76	196
Combustibles gazeux					0,0 %	57	
Brais bitumineux		176 037	39,23	6 906	10,2 %	70	483
Déchets énergétiques (DIS)	Huiles usagées	65 576	38,39	2 517	3,7 %	75	189
	Autres DIS biomasse	20 229	12,74	258	0,4 %	70	18
	Autres DIS non biomasse	320 357	17,31	5 545	8,2 %	70	388
Déchets énergétiques (DIB)	Farines animales	340 861	17,57	5 989	8,8 %	91	545
	Pneus	63 265	27,87	1 763	2,6 %	85	150
	Autres DIB biomasse	68 461	15,23	1 043	1,5 %	91	95
	Autres DIB non biomasse	82 520	14,47	1 194	1,8 %	91	109
Total		2 448 137		6 7771,3	100 %		6 001
Taux de substitution total				27,0 %			

Note : Les facteurs d'émission en caractères gras sont estimés.

En 2008, le taux de substitution par du CSR dans les cimenteries françaises (en excluant les pneus et farines animales) atteignait environ 2 % de la charge énergétique totale.

¹² Source : ATILH.

3.6.2. Calcul du différentiel d'émission de CO₂ résultant de la substitution par du CSR

L'objet de ce chapitre est de comparer les émissions de CO₂ des cimenteries avec substitution CSR et sans cette substitution. Les principales différences concernent la diminution de la consommation d'énergie fossile, l'énergie consommée lors de la préparation du CSR et celle liée à son utilisation en cimenterie.

La diminution du tonnage d'énergie fossile consommée par la cimenterie. Le facteur d'émission indiqué par les cimentiers est de 1 350 g CO₂ / kg de CSR, équivalent à 91 tCO₂/TJ d'après le ratio tonnage/valeur énergétique résultant du tableau ci-dessus pour les DIB. Ce facteur d'émission est donc du même ordre que celui des combustibles fossiles.

Sur la base d'un taux de biomasse moyen estimé de 50 % pour le CSR consommé dans les cimenteries françaises en 2008, l'utilisation de CSR a permis une réduction des émissions de CO₂ comptabilisées au titre des quotas d'émission, d'environ 50 000 t/an¹³ (sur l'année 2008 en France).

L'énergie consommée par le processus de préparation du CSR. La majorité de l'énergie consommée lors de la fabrication du CSR est liée au fonctionnement des broyeurs (cf. puissances unitaires décrites précédemment). Lorsque ces équipements fonctionnent à l'énergie électrique (c'est la grande majorité des cas) on peut considérer que l'impact sur les émissions de CO₂ est négligeable du fait du mix de production majoritairement d'origine nucléaire de l'électricité produite en France. Par ailleurs, la pelle mécanique de chargement des déchets dans les broyeurs primaires consomme du gazole, mais les émissions de CO₂ correspondantes rapportées à la tonne de CSR fabriquée sont négligeables.

L'énergie consommée au niveau de l'exploitation de l'unité d'injection de CSR dans la cimenterie. Les cimentiers interrogés sur ce point estiment que la consommation électrique supplémentaire engendrée par l'installation d'injection de CSR (bande transporteuse, installation de pesage, surpresseur pour transport pneumatique du CSR vers l'injection en tuyère ou en précalcinateur) est à peu près compensée par l'économie d'énergie sur le séchage du coke de pétrole (le tonnage à sécher étant plus faible) et sur le réchauffage du combustible à haute viscosité (CHV). Le bilan en terme d'émissions de CO₂ serait donc neutre.

La collecte des déchets. Nous faisons l'hypothèse que les consommations d'énergie des véhicules effectuant l'acheminement des déchets collectés vers les décharges et vers les unités de préparation de CSR sont sensiblement égales.

Les facteurs d'émission de CO₂ des CSR et des combustibles fossiles substitués sont à peu près similaires. La substitution partielle des combustibles fossiles par du CSR dans les cimenteries françaises est donc relativement neutre sur la quantité totale de CO₂ émise par l'industrie cimentière.. Si l'on tient compte toutefois d'un contenu moyen en biomasse de 50 % dans le CSR consommé par les cimenteries, cette substitution se traduit sur l'année 2008 par une réduction de 0,8 % des émissions de CO₂ comptabilisées au titre des quotas d'émission, liées à la consommation de combustibles¹⁴.

¹³ 72 600 tonnes x 1 350 kg CO₂/tonne x 50 % = 49 005 tonnes

¹⁴ Pourcentage établi sur la base d'un taux de biomasse moyen de 50 % du CSR utilisé. D'autre part, il convient de souligner que le CO₂ émis par une cimenterie provient de deux sources : la décarbonatation du calcaire pour environ 60 % et la combustion des combustibles pour environ 40 %. Les estimations ci-dessus ne prennent pas en compte la première catégorie.

4 - GISEMENTS POTENTIELS DE DECHETS POUR LA PREPARATION DU CSR

Ce chapitre vise à évaluer qualitativement et quantitativement les tonnages de déchets non dangereux potentiellement disponibles pour la préparation de CSR. Nous excluons de ce potentiel les déchets qui font déjà l'objet d'une valorisation matière ou énergétique, et nous ne retenons que les fractions actuellement mises en décharge ou traitées dans des incinérateurs sans valorisation énergétique.

La situation actuelle en France est analysée ci-après pour chaque gisement de déchet, ainsi que les perspectives d'évolution à 5 ans.

4.1. TYPOLOGIE DES DECHETS

Nous rappelons ci-dessous la typologie déjà présentée au chapitre précédent.

Typologie « déchets » utilisée dans l'étude

A1: Déchets de production
A2: Fractions haut PCI issues des refus de tri de DIB (excluant la partie la plus homogène de cette fraction, susceptible d'aller vers le recyclage matière)
B: Refus de tri des collectes sélectives des matériaux secs (emballages ménagers,...)
C: Encombrants collectés en déchèteries
D: Fractions haut PCI issues des installations de tri mécano-biologique (TMB) d'ordures ménagères résiduelles.

4.2. DECHETS DE PRODUCTION

4.2.1. Caractéristiques du gisement actuel

Les déchets de production considérés sont constitués principalement de chutes de fabrication de produits en plastique, par exemple : films plastiques lors de la fabrication de sacs ou de sachets, morceaux de tuyaux en PEHD, bouteilles en PET détériorées lors de l'embouteillage... Ils constituent un gisement de bonne qualité en vue de la préparation du CSR, en particulier en terme de PCI.

	Europe	France
Total déchets de production, déchets de transformation	3 350 000 t	670 000 t
Dont traités à l'extérieur	1 900 000 t	380 000 t
Dont non recyclé	40 %, soit 760 000 t	152 000 t

Source : Etude réalisée par AJI-EUROPE pour PlasticsEurope intitulée: « Quantitative and qualitative assessment of industrial plastic scrap in Western Europe ».

On estime à 150 000 tonnes par an le gisement de déchets de production potentiellement disponible pour fabriquer du CSR.

4.2.2. Perspectives d'évolution à 5 ans

La quantité de déchets de production potentiellement disponible pour fabriquer du CSR est destinée à diminuer sous l'effet des délocalisations d'usines de transformation (par exemple, mais pas seulement, dans le secteur automobile) et des efforts de tri pour le recyclage.

Le gisement de déchets de production potentiellement disponible pour fabriquer du CSR pourrait diminuer à environ 100 000 tonnes par an à l'horizon 2013/2015.

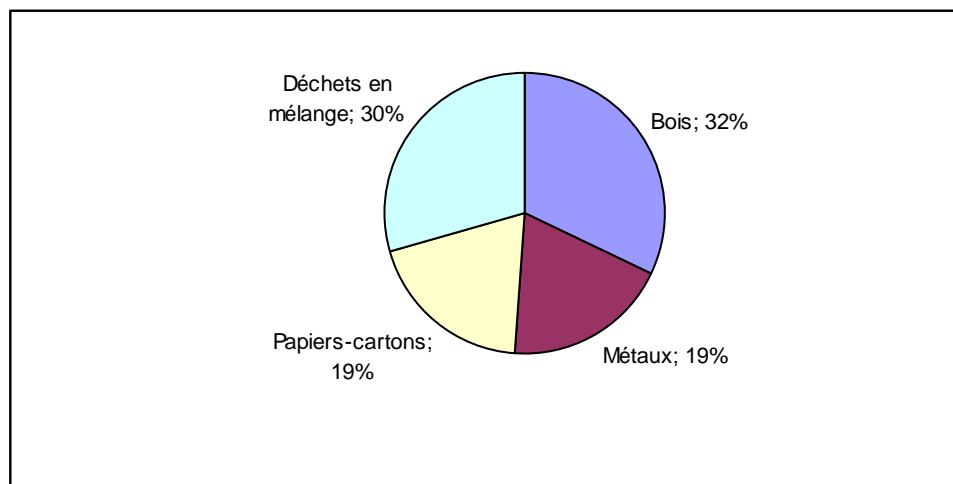
4.3. REFUS DE TRI DE DIB

4.3.1. Caractéristiques du gisement actuel

79,2 Mt de déchets non dangereux des entreprises ont été collectés¹⁵ en 2004 dans le cadre de collectes privées (c'est-à-dire hors collectes par les collectivités locales). Une majorité de ce tonnage est constituée de déchets des industries agricoles et alimentaires.

Si l'on ne retient que les matériaux verre, métaux, plastiques, caoutchouc, cuir, bois, papiers et cartons et déchets non dangereux en mélange, une enquête¹⁶ a conclu à un total de 21,7 Mt en 2004 pour les entreprises de plus de 10 salariés, dont environ 18 Mt hors métaux et verre.

Ce gisement est constitué en majorité de bois, de métaux, de papiers-cartons et de déchets en mélange. Les 6 millions de tonnes de déchets en mélange, de composition inconnue, sont composés principalement de papiers, cartons et plastiques.



Sur ce total, les déchets d'emballages représentent 4,9 millions de tonnes. L'activité qui en produit le plus en France est le commerce de détail (1,5 millions de tonnes). L'industrie alimentaire, le commerce de gros et l'industrie du papier sont également de gros producteurs.

¹⁵ Source : ADEME - « Les déchets en chiffres » - ADEME.

¹⁶ Source : ADEME – « Evaluation de la production nationale de déchets non dangereux et dangereux des entreprises en 2004 ». Cette enquête concerne les établissements de 10 salariés et plus.

Principales voies de valorisation des DIB en 2004 (en ktonnes).

	Tri	Valorisation Matière	Valorisation Énergétique	Incinération sans valorisation énergétique	Décharge	Autre	Non renseigné	Total
Plastiques	143	397	31	7	149	2	55	784
Caoutchouc	15	27	4	2	32	0	0	80
Textiles	26	117	2	1	18	0	1	165
Papiers-cartons	1 197	2 331	41	31	95	9	87	3 791
Bois	240	3 971	1 810	186	55	18	236	6 516
Mélanges	1 595	776	708	200	2 051	4	867	6 201
TOTAL	3 216	7 619	2 596	427	2 400	33	1 246	17 537
%	18,3 %	43,4 %	14,8 %	2,4 %	13,7 %	0,2 %	7,1 %	100 %

Source : ADEME – « Evaluation de la production nationale des déchets non dangereux et dangereux des entreprises en 2004. Etablissements industriels et commerciaux de 10 salariés et plus ».

Trois fractions sont particulièrement propices à la fabrication de CSR :

- les refus de tri de DIB, estimés à 30 % des 3 216 kt traités dans les centres de tri, soit 965 kt
- les DIB partant en décharge : 2 400 kt
- les DIB partant à l'incinération sans valorisation énergétique : 427 kt

soit un total d'environ 3,8 Mt.

Il faut toutefois tenir compte de plusieurs contraintes susceptibles de réduire sensiblement le flux de DIB réellement utilisables pour la préparation du CSR :

- certains DIB seront difficiles à collecter à grande échelle du fait de leur dispersion géographique.
- les DIB les plus souillés et ceux contenant une proportion élevée de produits chlorés ne seront pas utilisables pour la préparation de CSR
- certains DIB ont un PCI faible (<12 MJ/kJ) qui les rend inaptes à une utilisation en cimenterie

Le tonnage total de refus de tri de DIB potentiellement disponibles pour la préparation de CSR est estimé au minimum à 3,7 Mt¹⁷.

4.3.2. Perspectives d'évolution à 5 ans

Les données les plus récentes concernent l'année 2005 :

- La part des emballages dans les DIB a progressé de 21,2 % en 2000 à 22,6 % en 2004. Cette progression est due principalement aux papiers-cartons et aux déchets en mélange.
- La part des déchets triés augmente significativement (+5 %) au détriment principalement des déchets mis en décharge, qui ne représentent plus que 11 % des déchets contre 16 % cinq ans plus tôt. En tonnages, cela représente une diminution

¹⁷ Soit 3 800 kt – 150 kt. Afin d'éviter un double-comptage, nous avons en effet déduit les déchets de production et de transformation évalués au paragraphe précédent, car ils sont comptabilisés par l'ADEME en tant que DIB.

de plus d'1 Mt des déchets envoyés en décharge. Cette diminution porte en premier lieu sur les déchets en mélange, davantage valorisés.

A l'horizon des 5 prochaines années, on observera des tendances contradictoires :

- la stabilité des capacités d'incinération d'ordures ménagères, conjuguée à la forte diminution prévisible des flux d'ordures ménagères (diminution déjà constatée depuis le début de la crise), va inciter les grands gestionnaires de déchets à intensifier le processus déjà engagé de transfert massif des flux de la mise en décharge vers l'incinération,
- l'augmentation prévue de la TGAP devrait stimuler le tri à la source des DIB ainsi que l'incinération,
- une proportion croissante du gisement de déchets ménagers et de DIB devrait partir vers le recyclage matière grâce en particulier au soutien apporté par l'ADEME à des filières en développement comme EcoFolio, Eco-Emballage et la filière des DEEE.

Compte tenu de ces facteurs, il est probable que le gisement de DIB aptes à la fabrication de CSR va continuer à diminuer dans les prochaines années. En outre, la part des DIB incinérés sans valorisation énergétique va continuer à diminuer.

Ceci conduit à proposer l'estimation suivante à l'horizon 2015 :

- refus de tri de DIB : 35% x 3200 kt, soit 1120 kt
- DIB mis décharge : 1000 kt
- DIB incinérés sans valorisation énergétique : 200 kt

Le gisement des refus de tri de DIB potentiellement disponibles pour la fabrication du CSR pourrait sensiblement diminuer au cours des 5 prochaines années, passant de 3,7 à 2,3 Mt. Il s'agit là d'un potentiel minimum.

4.4. REFUS DE TRI DE LA COLLECTE SELECTIVE DES MATERIAUX SECS

4.4.1. Gisement actuel

Le tonnage de déchets issus de la collecte sélective des matériaux secs hors collecte spécifique du verre s'élevait à 2,9 Mt en 2007 dont¹⁸ :

- Corps creux : 25 %
- Autres emballages en mélange : 50 %
- Journaux et magazines : 14 %
- Autres corps plats : 11 %

Il a fortement augmenté au cours des 10 dernières années, puisqu'il n'était que de 1,96 Mt en 2002.

A l'exception de 3 % des flux allant directement en recyclage, les matériaux secs hors collecte spécifique du verre collectés sélectivement sont traités en grande majorité soit dans des unités de tri spécialisées « ordures ménagères » (OM) soit dans des unités de tri mixtes traitant à la fois les OM et les DIB.

Le taux moyen de refus de tri dans ces centres de tri atteint 23 %, soit environ 700 kt/an. La composition de ces refus, bien que mal caractérisée, est du type suivant :

- des plastiques souillés (dont une proportion non négligeable de non-emballages)
- des papiers et cartons
- des objets métalliques divers, dont beaucoup de petits opercules métalliques
- une proportion élevée d'objets divers (y compris des produits atypiques).

Le taux d'humidité atteint 20 à 25 % en moyenne.

¹⁸ Source : Enquête collecte – Année 2007

Ces refus de tri sont valorisés énergétiquement à 55 %, les 45 % restant vont en décharge ou en incinération sans valorisation énergétique (proportion identique aux ordures ménagères).

Sur les 700 kt de refus de tri issus de la collecte sélective de matériaux secs, on estime à environ 80 kt la fraction potentiellement disponible pour la préparation de CSR.

4.4.2. Perspectives d'évolution à 5 ans

L'extension du champ de la collecte sélective à tous les emballages ménagers (y compris les plastiques thermoformés et les films) est à l'étude par l'ADEME et Eco-Emballages. L'horizon de démarrage de cette collecte étendue serait janvier 2011, avec une montée en puissance progressive jusqu'en 2015-2016.

L'évolution à moyen terme des tonnages de refus de tri de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...) dépendra donc fortement des décisions futures en matière d'élargissement du champ de la collecte sélective.

Pour les plastiques :

Le tonnage de plastiques potentiellement collectables dans le cadre d'une collecte sélective élargie des emballages ménagers est estimé à 560 kt (tonnage brut incluant le poids de l'humidité et des souillures, soit 13 à 18 %). Ce chiffre est basé sur l'hypothèse que 40 % seulement du tonnage collecté hors bouteilles et flacons sera mis dans le « bon » sac (ce pourcentage correspond à la moyenne observée en Europe).

Sur ce total, et selon le scénario envisagé :

- de 370 kt à 390 kt en brut seraient recyclées ;
- de 170 kt à 190 kt en brut iraient dans les refus, dont 17 kt de PVC.

Nous retenons comme hypothèse de valorisation de ces refus la même répartition que la moyenne nationale observée pour les ordures ménagères, soit 53 % de valorisation énergétique, les 47 % restant étant mis en décharge. Sur cette base, le gisement de plastiques issus des refus de tri de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...) potentiellement disponibles pour fabriquer du CSR serait de l'ordre de 73 à 85 kt.

Pour le papier-carton

Il est prévu une croissance des tonnages de papier-carton collectés sélectivement de l'ordre de 700 kt, soit, avec un taux de refus à 15 %, environ 100 kt. En retenant le même ratio de valorisation (53 % incinération / 47 % mise en décharge) que pour les ordures ménagères, le tonnage de papier-carton potentiellement disponible pour fabriquer du CSR serait de l'ordre de 50 kt.

L'extension du champ de la collecte sélective des déchets des matériaux secs (emballages ménagers, ...) pourrait conduire (selon les scénarios) à un gisement de déchets plastiques et de papier-carton disponibles pour fabriquer du CSR de l'ordre de 130 ktonnes à l'horizon 2013.

A titre d'information, en Allemagne, les consignes de tri sélectif des emballages ménagers sont beaucoup plus larges qu'en France. Les déchets non recyclés atteignent 65 à 70 % du total des déchets d'emballages collectés sélectivement dans le cadre du système DSD. Ce taux extrêmement élevé est dû à plusieurs causes :

- les consignes de tri sont très larges,
- le recyclage avec « downsizing » a quasiment disparu (fabrication de mobilier urbain à base de plastiques mélangés recyclés...) alors qu'il représentait des tonnages élevés il y a encore 5 ans,

- environ 30% des déchets collectés par DSD ne sont pas conformes à la consigne de tri,
- certains déchets multi-matériaux tels que les emballages Tétrapack ne sont plus recyclés, les unités de recyclage ayant fermé les unes après les autres.

Une grande partie de ces tonnages élevés de refus de tri va en cimenteries. Leur préparation est facilitée par le fait que les centres de tri d'emballages ménagers travaillant sous contrat avec DSD ont l'obligation d'inclure dans leurs opérations une phase de tri des produits chlorés.

4.5. ENCOMBRANTS DE DECHETERIES

4.5.1. Caractéristiques du gisement

Sur les 10,8 Mt collectées en déchèteries en 2007 (+15 % par rapport à 2005), environ 1,8 Mt sont constituées de « Combustibles non classés »¹⁹.

D'autre part, l'« Enquête collecte 2007 » de l'ADEME indique un tonnage de 2,8 Mt d'encombrants issus des déchèteries (incluant les DEEE).

Enfin, 83% des encombrants collectés en déchèterie (hors DEEE) vont à la mise en décharge et 13% à la valorisation énergétique²⁰.

Sur la base d'une hypothèse conservatrice de 1,8 Mt d'encombrants combustibles collectés en déchèteries, 83% de ce gisement, soit environ 1,5 Mt sont potentiellement disponibles pour la fabrication de CSR.

4.5.2. Perspectives d'évolution à 5 ans

Le nombre de déchetteries et les tonnages collectés²¹ continuent d'augmenter de manière importante (+15 % en 2007 par rapport à 2005). Pour le moment, on ne voit aucune amorce de stagnation ni du tonnage, ni du nombre de déchèteries bien que la quasi-totalité de la population française soit desservie.

En supposant une augmentation des flux de 20% à l'horizon 2015, le tonnage d'encombrants issu des déchèteries potentiellement disponible pour la préparation de CSR pourrait atteindre 1,8 Mt en 2015.

Le projet de « Responsabilité élargie du producteur » (REP) sur le mobilier pourrait modifier sensiblement cette analyse.

¹⁹ Source : Campagne nationale de caractérisation des OM – Année 2007

²⁰ Source : ADEME – « Enquête collecte 2007 » relative aux ordures ménagères. Pour information, la valorisation de l'ensemble des déchets collectés en déchetterie (tous matériaux) se répartit comme suit : Valorisation matière : 24 % ; valorisation organique : 29 % ; valorisation énergétique : 4 % ; stockage ISDND : 28%, stockage ISDI : 15 %.

²¹ Source : ADEME - « Enquête collecte 2007 » relative aux ordures ménagères.

4.6. FRACTIONS A HAUT PCI ISSUES DES INSTALLATIONS DE TRI MECANO-BIOLOGIQUE D'ORDURES MENAGERES RESIDUELLES

4.6.1. Caractéristiques du gisement

En France, les unités de TMB existantes donnent la priorité au compostage et à la méthanisation. Les refus ne font pas l'objet d'un tri mécanique. Leur qualité médiocre tient à la mauvaise qualité des OMR et à la conception des procédés de TMB qui n'a pas eu comme objectif de produire une fraction haut PCI correspondant à des spécifications d'utilisateurs potentiels (humidité, chlore, PCI).

En pratique, ces fractions sont mises en décharge et aucune cimenterie en France ne consomme de CSR fabriqué à partir de fractions à haut PCI issues d'unités de TMB.

Pourtant, les exemples étudiés en Allemagne, en Italie et en Grande-Bretagne montrent qu'il est tout à fait possible de fabriquer par cette filière un CSR de qualité acceptable par les cimenteries, y compris pour une alimentation en tuyère principale.

4.6.2. Perspectives d'évolution à 5 ans²²

50 à 60 unités de TMB pourraient être opérationnelles à l'horizon 2015 en France, correspondant à un tonnage total d'ordures ménagères résiduelles de 3,2 Mt. Dans la grande majorité des cas la vocation prioritaire de ces unités sera le compostage ou la méthanisation.

Les refus à haut PCI (c'est-à-dire les fractions non compostées /méthanisées) issues de ces unités de TMB représentent environ 40 % des flux entrant dans les unités de TMB, soit 1,3 Mt. Il est essentiel de noter que cette fraction ne serait pas utilisable telle quelle en tant que CSR par les cimenteries et devrait faire l'objet d'une préparation préalable appropriée.

Certains porteurs de projets d'unités de TMB annoncent leur intention de fabriquer un CSR de qualité, utilisable à part entière pour de la valorisation énergétique. Toutefois, à la lumière des caractéristiques des projets existants, il semble que pour nombre d'entre eux il s'agit d'un souhait qui ne s'appuie pas sur une analyse détaillée des contraintes à surmonter. Le constat actuel tend plutôt à montrer que chaque collectivité envisage d'investir sans profiter d'une mutualisation des connaissances. En outre, la préparation des CSR est imaginée faite en direct sur place, sans recours à un intermédiaire préparateur de CSR qui centraliserait les déchets de plusieurs unités de TMB.

Quelques exemples de projets d'unités de TMB en France sont décrits en Annexe 4.

On estime entre deux et quinze à l'horizon 2013/2015 le nombre d'unités de TMB, parmi les 50 à 60 mentionnées précédemment, qui pourraient être équipées en aval d'une installation de tri mécanique destinée à fabriquer un CSR dont la qualité serait conforme aux besoins des cimenteries. Cette fourchette est extrêmement large du fait des nombreuses incertitudes qui prévalent à l'horizon des cinq prochaines années en matière d'environnement réglementaire, fiscal et technologique. Le nombre de projets qui se concrétiseront dépendra en particulier de

²² La plupart des informations présentées dans ce paragraphe ont été élaborées à partir :

- d'entretiens avec des responsables de l'ADEME
- d'entretiens avec des responsables de projets d'unités de TMB
- de l'étude Fnade/Ademe réalisée par le BIPE intitulée : « Les centres de traitement Mécano-biologiques (TMB) : des outils flexibles en réponse aux contraintes locales » – Année 2009
- de la liste informelle tenue par l'ADEME concernant les projets d'unités de TMB en France.

l'évolution des procédés de TMB²³ et des progrès technologiques, surtout en matière de tri optique, sachant que l'on est en mesure aujourd'hui de fabriquer du CSR de bien meilleure qualité qu'il y a quelques années (cf. exemple de l'Allemagne, où les installations de tri optique sont couramment utilisées).

A contrario, un élargissement de la collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers,...) (cf. point traité ci avant) provoquerait un appauvrissement du contenu énergétique des ordures ménagères résiduelles et une diminution du tonnage et de la qualité du CSR fabriqué.

Deux à quinze unités de préparation de CSR à partir de fractions à haut PCI issues d'unités de TMB pourraient être opérationnelles à l'horizon 2013/2015, pour un tonnage de CSR de 40 à 300 kt/an.

Une condition clé de réussite est l'intégration de la production de CSR dans la conception de ces projets dès l'origine.

4.7. ENJEU QUANTITATIF DE LA SUBSTITUTION DES COMBUSTIBLES FOSSILES UTILISES EN CIMENTERIES PAR DU CSR

L'évaluation de l'enjeu quantitatif de la substitution par du CSR consiste à comparer :

- le tonnage de déchets potentiellement disponibles en France pour la fabrication de CSR. Ce point a fait l'objet des paragraphes précédents de ce chapitre,
- le potentiel d'absorption du CSR par les cimenteries françaises.

²³Les expériences passées dans le domaine des unités de TMB d'ordures ménagères ont laissé un souvenir négatif. Une quinzaine d'usines ont été réalisées en France à l'époque des premiers chocs pétroliers. Ces unités étaient basées sur des procédés tels que Combusoc et Combor, consistant à valoriser les refus de compostage issus d'un criblage grossier (sur le refus de criblage, aspiration des refus légers sur bande transporteuse, cyclone, déferraillage, broyage, trommel double maille, élimination des fines et des grossiers, sur la maille intermédiaire : séchage par combustion d'une partie du fluff, granulation en pellets). Toutefois, le manque de fiabilité de ces procédés, la médiocre qualité des produits obtenus (taux de cendres rédhibitoire, teneur très élevée en chlore à cause de la présence de bouteilles en PVC) et la diminution du prix de pétrole ont conduit à la fermeture progressive de toutes ces unités.

4.7.1. Tonnage de déchets potentiellement disponibles pour la fabrication de CSR

Le tableau ci-dessous récapitule les tonnages de déchets disponibles pour fabriquer du CSR.

Types de déchets	Tonnage potentiel disponible actuel	Evolution 2013/2015
Déchets de production	150 kt	Décroissant (estimé à 100 kt)
DIB en mélange	3 700 kt (minimum)	2 300 kt
Refus de tri des collectes sélectives des matériaux secs (emballages ménagers, ...)	80 kt	130 kt
Encombrants de déchèteries	1 500 kt	1 800 kt
Fractions à haut PCI issues des installations de tri mécano-biologique d'ordures ménagères résiduelles	20 kt	40 à 300 kt*
Total	Environ 5 200 kt	4 300 à 4 600 kt

* Le contenu en plastiques s'appauvrira si la collecte sélective des matériaux secs est étendue à d'autres emballages que les corps creux.

4.7.2. Potentiel d'absorption du CSR par les cimenteries en France

Pour évaluer ce potentiel, nous avons réparti entre précalcinateurs et fours la consommation totale de combustibles consommée par les cimenteries françaises en 2008, soit 67 771 TJ. Puis nous en avons déduit les tonnages de CSR correspondant à ces besoins énergétiques, sur la base des hypothèses de PCI suivantes :

- CSR pour précalcinateurs : 17 MJ/kg en moyenne
- CSR pour fours : 22 MJ/kg en moyenne

Potentiel d'injection de CSR par les cimenteries françaises

	Précalcinateurs	Fours	Global
Taux de substitution maximum par du CSR	40 %	Taux moyen: 30%	31 %
Consommation énergétique en France (TJ, année 2008)	4 880 ²⁴	62 891	67 771
CSR (TJ)	1 952	18 867	20 819
CSR (ktonnes)	115	858	972

Le potentiel d'absorption du CSR par les cimenteries françaises est d'environ 1 million de tonnes par an. L'enjeu quantitatif des précalcinateurs est plus faible que celui des tuyères principales.

La quantité de déchets potentiellement disponibles pour la préparation de CSR est estimée au minimum à 5,2 Mt et pourrait diminuer jusqu'à 4,3 / 4,6 Mt à l'horizon 2013. Compte tenu du taux d'humidité des déchets (15% en moyenne) et du taux de refus moyen des unités de préparation du CSR (20%), la quantité de CSR potentiellement disponible serait au minimum de 3 millions de tonnes.

Le potentiel de déchets disponibles excède donc largement les objectifs actuels des cimenteries françaises en terme substitution énergétique par des CSR.

4.8. ENJEU ENVIRONNEMENTAL DE LA SUBSTITUTION

Une étude récente intitulée « Traitement des déchets industriels dans les fours à ciment ou les incinérateurs - Une comparaison environnementale »²⁵ présente des conclusions intéressantes sur l'impact environnemental de la valorisation énergétique de produits issus de déchets en cimenterie. Le champ de cette étude porte spécifiquement sur les impacts environnementaux comparés de l'incinération des déchets en Flandres et de leur co-incinération en fours à ciment en Belgique.

Cette étude conclut que pour la grande majorité des impacts environnementaux, il est pertinent d'un point de vue environnemental d'utiliser les déchets industriels comme combustible de substitution pour la production de ciment. En particulier, dans le cas des fours à ciment, la combustion d'un mégajoule de déchets est aussi efficace que la combustion d'un mégajoule de combustible fossile. Par conséquent, utiliser les déchets comme combustible de substitution pour la production de ciment permet d'économiser un maximum de combustibles fossiles.

²⁴ Soit 7,2 % de l'énergie totale. Ce pourcentage est obtenu à partir des hypothèses suivantes :

- l'énergie consommée par une cimenterie équipée d'un précalcinateur est répartie à 60 % dans le précalcinateur et à 40 % dans la (les) tuyère(s) principale(s),
- 4 cimenteries françaises sur 33 sont équipées de précalcinateurs. La proportion des combustibles injectés dans les précalcinateurs est donc égale à $(1,5 \cdot 4) / ((1 \cdot 4) + (29 \cdot 2,5) + (1,5 \cdot 4)) = 7,2 \%$.

²⁵ « Traitement des déchets industriels dans les fours à ciment ou les incinérateurs ». Etude réalisée par TNO (Organisation néerlandaise indépendante de recherche scientifique appliquée) pour le compte de l'industrie cimentière belge (année 2008). TNO a été accompagnée dans la réalisation de cette étude d'un panel composé d'experts scientifiques, de l'industrie cimentière, de la Région flamande, et présidé par la Région wallonne.

5 - BILAN ECONOMIQUE DE LA SUBSTITUTION PARTIELLE DES COMBUSTIBLES FOSSILES UTILISES EN CIMENTERIES PAR DU CSR

L'analyse économique de la filière CSR est structurée en deux volets :

- la partie « préparation » du CSR
- la partie « utilisation du CSR en cimenterie », comprenant l'unité de réception et d'injection de CSR ainsi que l'étude des impacts positifs et négatifs liés à l'utilisation de CSR au niveau de la cimenterie.

5.1 LA PREPARATION DU CSR

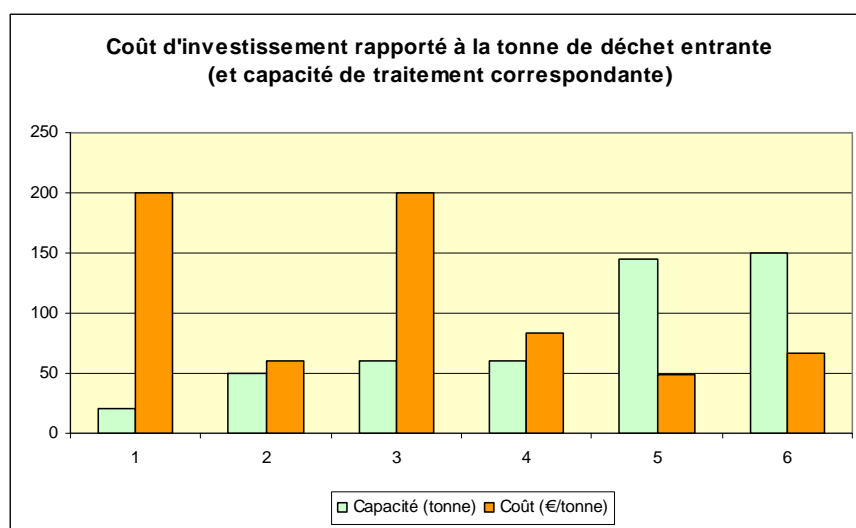
Ce bilan présente d'abord les postes de coûts (investissement, exploitation, cession du CSR au cimentier, élimination des refus), puis les postes de recettes (reprise des déchets entrants, vente des co-produits).

5.1.1 Coût d'investissement

Le coût total d'investissement des unités de préparation étudiées (bâtiment + équipements) se situe dans une fourchette large comprise entre 2 et 12 millions d'€, pour des capacités comprises entre 15 000 t/an et 145 000 t/an de déchets entrants.

La part du coût des équipements (y compris leur montage) représente entre 50 et 70 % de l'investissement total, le reste étant constitué principalement du coût des bâtiments techniques.

Le graphique ci-dessous compare le coût total d'investissement des différentes installations visitées, rapporté à la tonne de déchet traité. Le facteur « économie d'échelle », bien que certainement significatif, est occulté par d'autres facteurs tels que le degré de modernité du procédé (conception technologique d'ensemble, système de tri optique, degré d'automatisation) et l'état d'entretien de l'unité. En Allemagne, les unités de préparation sont souvent complexes et ont un coût d'investissement élevé. La taille critique est de l'ordre de 30 000 t/an de CSR.



5.1.2 Coût d'exploitation

Sur la base des informations recueillies auprès des préparateurs, le coût d'exploitation d'une unité de préparation²⁶ (hors amortissement) est compris entre 40 et 70 €/t selon la qualité du CSR fabriqué. Les coûts de broyage représentent une part prépondérante du coût de la consommation électrique et sont très sensibles aux économies d'échelle. La granulométrie plus ou moins stricte spécifiée par la cimenterie selon que la charge préparée sera utilisée dans un précalcinateur ou dans la tuyère principale, a donc un impact fort sur le coût d'exploitation.

5.1.3 Prix de cession du CSR payé par le préparateur au cimentier

Le prix de cession payé au cimentier par le préparateur de CSR dépend très largement de la qualité du CSR livré (surtout son PCI et sa teneur en chlore). Il se situe actuellement aux environs de :

- 20 à 50 €/t (transport inclus) pour du CSR de PCI <15-18 MJ/kg
- 0 à 20 €/t pour du CSR de PCI >18 MJ/kg.

Les critères de qualité du CSR, en sus du PCI et du chlore, comprennent aussi l'humidité, la disponibilité, la régularité de livraison, la logistique d'approvisionnement et l'absence de corps étrangers.

En Allemagne, le prix de cession payé par le préparateur de CSR se situe dans une fourchette plus large (entre 0 et 80 €/t selon la qualité du CSR) car les débouchés des CSR sont plus nombreux et donc les qualités plus diversifiées.

5.1.4 Coût d'élimination des refus

Les refus de préparation du CSR sont constitués principalement d'inertes (10 à 15 % de verre et de cailloux) et de 1 à 10 % de fines et de faibles quantités de PVC. La fraction minérale, si elle est suffisamment pure peut sous condition être valorisée comme granulat, soit mise en décharge. Les coûts d'élimination correspondants sont faibles.

5.1.5 Prix de reprise des déchets entrants

En France, le prix payé par les producteurs de déchets aux préparateurs pour se débarrasser de leurs déchets (« gate fee ») se situe dans une fourchette comprise entre 50 et 100 €/t, auxquels il faut ajouter le prix du transport jusqu'à l'usine de préparation, soit 15 à 20 €/t. Le prix dépend de la qualité du déchet, les déchets peu souillés et à PCI élevé ayant des prix de cession faibles.

5.1.6 La concurrence de la filière « mise en décharge »

Le prix de la mise en décharge est un déterminant clé du bilan économique de la préparation du CSR. En règle générale, le prix de cession du déchet au préparateur est légèrement inférieur à celui que paierait le détenteur du déchet pour la mise en décharge.

Les prix de mise en décharge sont en France de l'ordre de 80 à 90 EUR/tonne (TGAP incluse) pour des déchets non dangereux. Les niveaux de prix dans les pays voisins de la France sont nettement plus élevés, du fait principalement des différences de taxation.

²⁶ Il s'agit uniquement de la partie « préparation » du CSR. Dans le cas des OMR, les coûts mentionnés excluent les coûts du traitement biologique réalisé en amont.

Le niveau de la taxe sur la mise en décharge²⁷ en France (TGAP) est en effet de l'ordre de 15 EUR/t en 2009, à comparer à :

- 60 à 90 EUR/t en Belgique
- 85 EUR/t aux Pays-Bas
- 26 EUR/t en Grande Bretagne (en augmentation régulière, atteindra 83 EUR/t en 2013)
- 50 à 150 EUR/t en Italie selon les provinces.

En Allemagne, il n'y a pas de taxe sur la mise en décharge, mais des restrictions très fortes sont appliquées : interdiction de mise en décharge, sauf pour les déchets ayant subi un prétraitement (moins de 5% de carbone organique et PCI inférieur à une valeur plafond) ainsi que pour les déchets inertes. Aux Pays-Bas, la mise en décharge des déchets combustibles ou recyclables est interdite.

En France, le dispositif mis en place récemment par les pouvoirs publics prévoit, entre autre, une augmentation de la taxe sur la mise en décharge, qui augmentera par paliers de 15 EUR/tonne de déchets en 2009 à 40 EUR/tonne en 2015. Le dispositif intègre par ailleurs un mécanisme de modulation permettant de minimiser le niveau de taxation en fonction des performances environnementales des installations. Ces allègements (jusqu'à 50 %) s'appliquent aux sites de stockage certifiés Emas ou ISO 14001, ou qui valorisent plus de 75 % du biogaz produit et capté.

Dans ce contexte, les producteurs de déchets (même à haut PCI) en France ont et continueront à avoir tendance à mettre leurs déchets en décharge²⁸. Cette situation dissuade les sociétés de traitement de déchets d'investir dans des unités de préparation compte tenu des montants élevés d'investissements requis. Les collectivités hésitent également à bâtir de nouveaux projets.

5.1.7 Vente des co-produits de la préparation du CSR

Les co-produits les plus valorisables sont les métaux ferreux et non ferreux. Selon les unités de préparation visitées, ils représentent entre 0,5 % et 16 % du total des produits de sortie (en poids).

Cours des matières premières secondaires (cours au 05/08/2009, Belgique)

Ferrailles : 110 à 140 EUR/t

Déchets aluminium : 60 EUR/t

Déchets de zinc : 70 EUR/t

Déchets de plomb : 82 EUR/t

Source : Recyclage–Recycling - <http://recycling.skynetblogs.be/post/7213382/050809-cours-des-papiers-cartons-ferrailles>

En retenant un taux moyen de 5 % en poids pour la fraction « métaux ferreux + non ferreux », on estime à environ 5 EUR/t de CSR (100 EUR/t x 5 %) la recette moyenne de la vente de la fraction métaux.

²⁷ La plupart des informations présentées ici relativement à la réglementation sur la mise en décharge dans les différents pays sont extraites de la publication « ADEME & vous – Stratégies et études - N°16 – 27 novembre 2008, qui synthétise les conclusions d'une étude réalisée par le BIPE pour l'ADEME. Les montants de taxe sur la mise en décharge proviennent des informations indiquées par les interlocuteurs rencontrés dans le cadre de l'étude.

²⁸ Ceci explique en partie pourquoi les déchets mis en décharge en France contiennent une proportion élevée de déchets combustibles (bois, plastiques, RBA, papiers, cartons, ...).

5.2 LA SUBSTITUTION AU NIVEAU DES CIMENTERIES

5.2.1 Coût d'investissement de l'unité de réception/ injection de CSR

L'ordre de grandeur de l'investissement pour une installation de réception/stockage/injection de CSR est de 2 à 15 M€ selon sa capacité (la plus petite installation visitée à une capacité de 15 000 t/an et la plus grande de 100 000 t/an), le nombre de fours alimentés et le degré de sophistication de l'installation.

5.2.2 Impact sur les coûts d'exploitation de la cimenterie

Coût de maintenance et d'exploitation

Le coût de maintenance et d'exploitation d'une unité d'injection de CSR est de l'ordre de 5 à 15€ par tonne de CSR. Il varie selon le pays et la taille de l'installation. On peut retenir une valeur moyenne de 10 €/t à terme pour une unité d'injection ayant la taille critique, sous réserve que le CSR ait une qualité suffisante une fois l'installation « rodée ».

Coûts de gestion et de contrôle qualité

L'utilisation de CSR se traduit par des coûts supplémentaires de gestion et de contrôle qualité de 5 à 10 EUR/t de CSR consommé.

Exemple des moyens en personnel requis par l'utilisation du CSR dans une cimenterie :

- 1 employé « dédié CSR » sur site
- 1 cadre sur site (à 50 % de son temps)
- une partie de l'activité de l'équipe « combustibles de substitution » en central (3 ou 4 personnes)
- environ 20 % des coûts totaux de laboratoire.

5.2.3 Impact économique lié aux quotas d'émission de CO₂

Le Plan National d'Allocation des Quotas d'émissions (PNAQ) définit les quotas d'émissions de CO₂ alloués par l'Etat à huit secteurs industriels, dont la fabrication du ciment. Ces quotas d'émissions peuvent être échangés sur le marché européen des émissions de GES, permettant aux industries concernées de procéder à des achats ou à des ventes de quotas, selon qu'elles auront dépassé ou non le plafond qui leur est alloué.

Sur la base d'une hypothèse de prix d'échange de 20 EUR/tonne de CO₂, la réduction d'environ 50 000 t/an des émissions déclarables au titre des quotas aurait donc un impact économique de l'ordre d'un million d'Euros par an.

5.2.4 Impact sur les achats de combustible

L'impact économique résulte du différentiel de prix payé par le cimentier pour l'achat des combustibles entre la situation « avec CSR » et la situation « sans CSR ». Le CSR se substitue la plupart du temps au coke de pétrole ou au charbon, plus rarement au fioul lourd et aux combustibles haute viscosité. Les prix internationaux de ces combustibles fossiles fluctuent très fortement selon la conjoncture²⁹.

²⁹ Le prix international du coke de pétrole, sous-produit des raffineries, est extrêmement fluctuant. Pour se prémunir contre ces fluctuations, les cimentiers passent fréquemment des contrats d'achat à long-terme. Le prix est de 4 à 6 fois inférieur à celui du fioul.

En tenant compte des différences de PCI (37 MJ/kg pour le coke de pétrole, 20 MJ/kg en moyenne pour le CSR) on estime à environ 60 €/tonne de CSR l'économie réalisée sur les achats de combustible dans les conditions économiques actuelles. Cet impact s'amplifierait dans l'hypothèse d'une augmentation du prix du baril de pétrole.

5.2.5 Impacts économiques secondaires liés à l'utilisation de CSR par une cimenterie

Impact économique lié à la teneur en humidité du CSR

Nous avons vu précédemment que l'utilisation d'un CSR à forte teneur en humidité se traduit par une perte de production comprise entre 1 et 5%.

Impact économique lié à la présence de chlore dans le CSR

Les effets économiques négatifs résultant de la présence de chlore dans le CSR sont multiples :

- une teneur élevée en chlore limite la quantité de CSR consommable par la cimenterie.
- d'autre part, les conséquences du chlore sur l'usure des équipements de la cimenterie peuvent être importantes, en particulier la corrosion du briquetage interne des fours et la corrosion des cyclones, se traduisant par des coûts de maintenance supplémentaires, des pertes de productivité et des risques en exploitation

Les effets mentionnés ci-dessus se traduisent par une augmentation des coûts de maintenance, une perte de production due à des arrêts techniques plus fréquents, des analyses en laboratoire régulières coûteuses et une baisse du débit du four.

Deux cas de figure peuvent se présenter pour un cimentier souhaitant utiliser du CSR en quantité significative, selon la configuration et le mode d'exploitation de la cimenterie concernée :

- soit l'installation n'est pas équipée d'un by-pass chlore mais peut accepter de passer la quantité de chlore supplémentaire sans que cela engendre de problèmes majeurs ;
- soit l'utilisation de CSR suppose impérativement l'installation d'un by-pass chlore (possible que sur les procédés secs, c'est-à-dire moins de la moitié des unités françaises). Dans ce cas, le cimentier n'a pas d'autre choix que d'équiper l'installation d'un by-pass chlore, pour un coût d'investissement de 5 à 10 MEUR.

Les cimentiers interrogés équipés d'un by-pass chlore insistent sur le fait que cet équipement a joué un rôle fondamental dans le développement de l'utilisation du CSR dans leur cimenterie. Ceci ne dispense pas toutefois de la nécessité d'une sélection intelligente des entrants dans la production de CSR selon le principe qu'il vaut mieux prévenir (peu de chlore à l'entrée) que guérir (by-pass chlore coûteux et ne réglant qu'une partie de la difficulté).

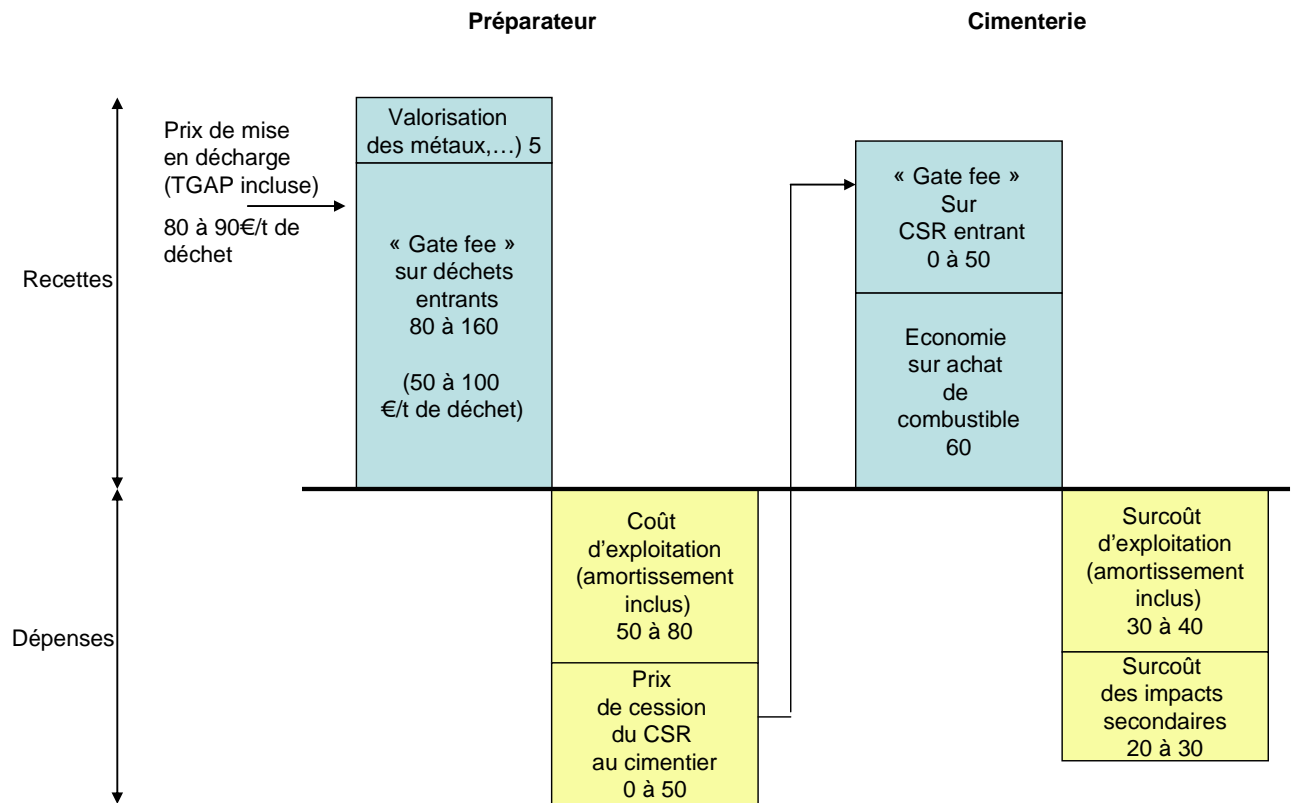
Globalement, le surcoût d'exploitation lié à l'utilisation d'un CSR à 0,5 % de chlore et à 12 % d'humidité est estimé au minimum à 20 €/t de CSR. D'autre part, la perte de production liée à la diminution du débit de clinker est comprise entre 1 % et 5 %.

5.3 BILAN ECONOMIQUE GLOBAL

Le schéma ci-après récapitule les principaux postes de coûts et recettes de l'activité de préparation et de consommation du CSR.

Il montre les principaux enjeux de compétitivité de la filière, sous la forme de plages de coûts ou recettes unitaires rapportées à la tonne de CSR fabriquée (ces plages pouvant être très larges du fait de la grande diversité des procédés, types de déchets et qualités de CSR).

**Economie de la phase de préparation du CSR et d'utilisation du CSR
(€/tonne de CSR fabriqué)**



Pour les préparateurs de CSR, le bilan économique dépend à la fois du prix payé par les producteurs de déchets au préparateur pour se débarrasser de leurs déchets et du prix payé par le préparateur au cimentier pour chaque tonne de CSR vendue. Comme ils ne maîtrisent pas ces deux paramètres qui dépendent des conditions du marché, leur principal levier de compétitivité est la réduction des coûts de production.

L'ensemble de la filière, de la collecte à la valorisation, devra inscrire sa démarche dans une problématique globale assurant son développement et sa pérennité en prenant bien en compte les équilibres économiques.

La diversification du marché du CSR à d'autres débouchés que les cimentiers stimulerait la concurrence entre utilisateurs potentiels de CSR et dynamiserait les filières.

L'économie sur les achats de combustible pour les cimentiers est significative. L'opinion clairement exprimée par les cimentiers rencontrés en Allemagne et en Pologne est que l'utilisation de CSR est devenue une condition nécessaire pour permettre d'exploiter une cimenterie de manière rentable. Toutefois, les cimentiers doivent prendre en compte dans leur bilan économique d'importants effets secondaires négatifs liés à la présence de chlore dans le CSR :

- corrosion des équipements, en particulier du briquetage interne des fours et des cyclones, se traduisant par des coûts de maintenance supplémentaires
- perte de production de clinker dans le cas d'un CSR de qualité moyenne (PCI plus faible, teneur en humidité, teneur en chlore...

Les autres pays européens ont mis en place soit une réglementation donnant des critères d'admissibilité drastiques pour la mise en décharge, soit une taxation de la mise en décharge beaucoup plus forte qu'en France. Ces contraintes poussent sans conteste les détenteurs de déchets à rechercher des voies alternatives, dont notamment la valorisation énergétique au travers de la préparation de CSR,

6 - SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

Ce chapitre vise les objectifs suivants :

- dégager les éléments de synthèse à partir des chapitres précédents
- identifier les contraintes à surmonter et les opportunités à mettre à profit pour développer à court terme en France des filières CSR techniquement et économiquement viables,
- sensibiliser les industriels, les collectivités locales et les autres acteurs potentiellement concernés aux facteurs clés du développement de filières CSR et susciter leur intérêt en leur apportant des éléments techniques, organisationnels et économiques pour les aider dans l'élaboration de leur stratégie
- proposer des recommandations concrètes destinées à favoriser le développement de la filière CSR.

Après une courte synthèse, les thèmes suivants sont analysés :

- Faut-il faire évoluer le statut de déchet du CSR ?
- Faut-il encourager la mise en place d'une norme pour le CSR ?
- Quelles sont les filières CSR à développer en priorité ?
- Quels obstacles faut-il surmonter pour développer l'usage du CSR en cimenteries ?
- Quelle est la nature des autres débouchés du CSR ?
- Quelles sont les bonnes pratiques de préparation et d'utilisation du CSR ?

6.1 SYNTHÈSE

Les combustibles solides de récupération objets de la présente étude sont des produits au statut de déchets fabriqués à partir de déchets non dangereux (refus de compostage d'ordures ménagères résiduelles, encombrants de déchèteries, déchets industriels banals (pneus usagés et STEP exclus), refus de collecte sélective d'emballages ménagers) et répondant à des spécifications techniques, notamment en matière de PCI, de teneur en chlore maximale et de teneur en humidité.

En France, le CSR est moins utilisé en cimenteries que dans plusieurs autres pays

Le mix énergétique moyen de l'industrie cimentière en 2008 était le suivant³⁰ (exprimé en contenu énergétique) :

- Combustibles fossiles : 73,1 %
- DIS : 12,2 %
- Farines animales : 8,8 %
- Pneus : 2,6 %
- Autres DIB : 3,3 %

En 2007, le CSR représentait 72,6 ktonnes.

Le CSR ne représente qu'environ 2 % de la charge énergétique totale des cimenteries françaises.

Par comparaison, le taux global de substitution par du CSR dans les cimenteries allemandes (moyenne nationale) atteignait environ 35 % en 2008³¹. Le CSR est également utilisé en quantités significatives en Grande Bretagne, en Belgique, en Suède et en Italie.

³⁰ Source : SFIC.

³¹ Ce taux n'inclut ni les DIS, ni les pneus usés, ni les farines animales. Voir en page 22 la répartition des combustibles de substitution consommés par les cimenteries allemandes.

Impact de la substitution actuelle sur les émissions de CO₂ des cimenteries

Sur la base d'un taux de biomasse moyen estimé de 50 % pour le CSR consommé dans les cimenteries françaises en 2008, l'utilisation de CSR a conduit à une réduction des émissions de CO₂ comptabilisées au titre des quotas d'émission, d'environ 50 000 t/an, soit seulement 0,8 % des émissions de CO₂ résultant de la consommation énergétique.

Des contraintes différentes selon le degré de maturité de la filière

Pour les unités de préparation de CSR matures, les écarts par rapport aux spécifications du CSR concernent avant tout la teneur en chlore. Par contre, pour des unités en démarrage, les contraintes liées à la présence de corps étrangers et à la granulométrie sont également importantes.

Les impacts techniques et économiques induits par une quantité excessive de chlore peuvent s'avérer très dommageables pour une cimenterie si les précautions nécessaires ne sont pas prises.

Les problèmes de non conformité du CSR sont résolus de manière pragmatique par les cimentiers, au moyen d'un processus de concertation / optimisation régulier avec les fournisseurs de CSR. Ces écarts donnent rarement lieu à des refus de livraison, mais peuvent conduire à une diminution momentanée de la substitution (pour diminuer l'impact d'une teneur élevée de chlore ou d'humidité excessive).

Un besoin d'optimisation du contrôle qualité

Certains cimentiers sont confrontés à des délais d'obtention des résultats d'analyses difficilement compatibles avec une bonne gestion de la qualité. En outre, des problèmes de divergences entre les mesures du cimentier et du préparateur au niveau des teneurs en humidité et en chlore ont été signalés.

Des gisements de déchets suffisants pour répondre aux objectifs de substitution énergétique par des CSR

La quantité de déchets potentiellement disponibles pour la préparation de CSR est estimée à 5,2 Mt et pourrait diminuer jusqu'à 4,3 / 4,6 Mt à l'horizon 2013.

La majeure partie de ce tonnage est constituée par les refus de tri de DIB en mélange et les encombrants incinérables de déchèteries.

Compte tenu du taux d'humidité des déchets (15% en moyenne) et du taux de refus moyen pour la préparation du CSR (20%), la quantité de CSR potentiellement disponible serait d'environ 3 millions de tonnes.

Les objectifs de valorisation du CSR par les cimenteries françaises étant de l'ordre d'un million de tonnes par an, le potentiel de déchets disponibles permettrait donc largement de répondre à ces objectifs.

Le bilan économique de la filière est serré

Pour les préparateurs de CSR, le bilan économique dépend à la fois du prix payé par les producteurs de déchets au préparateur pour se débarrasser de leurs déchets et du prix payé par le préparateur au cimentier pour chaque tonne de CSR vendue. Comme ils ne maîtrisent pas ces deux paramètres qui dépendent des conditions du marché, leur principal levier de compétitivité est la réduction des coûts de production.

L'ensemble de la filière, de la collecte à la valorisation devra inscrire sa démarche dans une problématique globale assurant son développement et sa pérennité en particulier les équilibres économiques.

La diversification du marché du CSR à d'autres débouchés que les cimenteries stimulerait la concurrence entre utilisateurs potentiels de CSR et dynamiserait les filières.

L'économie sur les achats de combustible pour les cimenteries est significative. Toutefois, les cimenteries doivent prendre en compte dans leur bilan économique d'importants effets secondaires négatifs liés à la présence de chlore dans le CSR (usure des équipements et perte de production de clinker).

Certains pays européens ont mis en place soit une réglementation donnant des critères d'admissibilité drastiques pour la mise en décharge, soit une taxation de la mise en décharge beaucoup plus forte qu'en France. Ces contraintes poussent sans conteste les détenteurs de déchets à rechercher des voies alternatives, dont notamment la valorisation énergétique au travers de la préparation de CSR,

La filière de fabrication du CSR à partir d'ordures ménagères résiduelles est potentiellement viable

La filière de fabrication du CSR à partir des fractions à haut PCI issues des installations de TMB des ordures ménagères résiduelles est potentiellement viable aux plans technique et économique. Elle s'est développée dans les pays où les conditions économiques ou réglementaires de mise en décharge des déchets non dangereux sont les plus contraignantes.

La substitution par du CSR en cimenterie a un impact environnemental favorable. Le traitement dans les fours à ciment constitue une option intéressante pour les cinq types de déchets, par rapport aux six impacts environnementaux suivants : diminution des ressources, réchauffement climatique, couche d'ozone, écosystèmes d'eau douce, pluies acides et eutrophisation. Les seuls impacts environnementaux pour lesquels le traitement dans les incinérateurs de déchets est préférable au traitement dans les fours à ciment sont les écosystèmes marins et les écosystèmes terrestres.

6.2 FAUT-IL FAIRE EVOLUER LE STATUT DE DECHET DU CSR ?

En France, le CSR en tant que combustible a un statut légal de déchet³². Son utilisation n'est possible que dans des installations classées sous la rubrique 167 C. Les domaines d'utilisation avec ce statut de déchet sont les cimenteries, les incinérateurs et les grosses chaudières industrielles.

L'avis de la Commission Européenne et des acteurs du traitement thermique des déchets est que le CSR doit obligatoirement être valorisé énergétiquement dans des incinérateurs ou dans des installations de co-incinération classées et habilitées.

Les collectivités locales préféreraient que le CSR acquière un statut de produit, qui, leur semble-t-il, permettrait de valoriser dans de meilleures conditions économiques leur production de déchets.

En outre, le statut de produit comporterait les avantages suivants :

- un allègement des procédures administratives de commercialisation du CSR
- l'allègement de la procédure de classement d'une installation voulant consommer du CSR
- une meilleure image du CSR auprès des utilisateurs
- une réglementation moins contraignante en matière d'exportation du CSR.

En France, l'autorisation d'exploiter est parfois difficile à obtenir pour les industriels voulant effectuer de l'incinération ou de la co-incinération de déchets non dangereux. Cette autorisation

³² Cette situation prévaut également dans les autres pays d'Europe.

est établie sur la base de l'Arrêté Ministériel du 20 septembre 2002 relatif à l'incinération et la co-incinération de déchets non dangereux, et de la conformité aux BREFs³³. L'utilisation de CSR en cimenterie ne soulève en général pas de problème particulier.

La directive cadre sur les déchets du 19 novembre 2008 apporte, entre autre, des précisions sur la définition du déchet, la notion de statut des déchets et la distinction entre valorisation et élimination.

Enfin, il est utile de souligner les difficultés potentielles qui pourraient résulter d'un statut de produit du CSR au niveau du partage des responsabilités entre les acteurs en cas de problème ou d'incident. La question se poserait inévitablement de déterminer quelles en serait les conséquences pour le préparateur (enregistrement REACH, obligations d'assurance, ...)

Le statut de déchet du CSR ne constitue pas une entrave au développement de son utilisation en cimenterie.

L'évolution du CSR vers un statut de produit favoriserait l'élargissement du marché à des utilisateurs plus diversifiés.

6.3 FAUT-IL ENCOURAGER LA MISE EN PLACE D'UNE NORME POUR LE CSR ?

Plusieurs initiatives sont en cours, mais le processus n'est pas abouti

Le CEN (Comité Européen de Normalisation) et EURITS (Association européenne d'entreprises de traitement thermique des déchets dangereux) développent des projets de normalisation du CSR.

Le CEN est actif dans ce domaine à travers le Comité de Travail «CEN/TC 343 Solid Recovered Fuels»³⁴. Les travaux pour développer la norme internationale CEN 15359 ont abouti à des spécifications techniques minimales des produits destinés à être valorisés énergétiquement. Les spécifications portent sur 3 critères :

- environnemental (mercure)
- technique (chlore)
- économique (PCI)

Pour chacun de ces critères, 5 plages sont définies.

Ces spécifications devraient, après validation, déboucher sur une norme européenne.

EURITS (European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special waste) a édité des critères pour la co-incinération des déchets dans les cimenteries comme combustible de substitution. Toutefois, l'industrie cimentière a indiqué que ces critères lui semblent trop rigoureux, particulièrement en ce qui concerne le PCI.

³³ Les BREFs (« Best REFERences ») sont des documents de référence sur les meilleures techniques disponibles. Ce ne sont pas des textes réglementaires mais plutôt des « références ». Les principaux BREF concernés sont « Waste Treatment » et « Cement industry ». Si l'activité d'une installation n'est pas décrite dans un BREF, l'exploitant justifie, sur les critères de l'annexe II de l'arrêté ministériel du 29 juin 2004, que les techniques qu'il exploite ou envisage d'exploiter sont des meilleures techniques disponibles. Un BREF adopté en août 2006 aborde la production de CSR à partir de déchets non dangereux.

³⁴ Le CEN définit le CSR de la manière suivante : Combustibles solides préparés à partir de déchets non dangereux destinés à être valorisés énergétiquement dans des installations d'incinération ou de co-incinération et respectant le système de classification et spécification défini dans le projet de norme CEN/TS 15359. On entend par « préparés » : traités, homogénéisés et améliorés jusqu'à un niveau de qualité suffisant permettant un échange commercial ».

Au plan national, Federec Valordec avait proposé en 2007 un projet de nomenclature³⁵ « combustibles de récupération ». Ce projet a été accueilli de façon mitigée par certains acteurs de la filière de gestion des déchets, y voyant un outil favorisant le recyclage.

Le processus de réflexion sur la normalisation n'est abouti ni en France ni dans les autres pays. En Allemagne, il est devenu évident pour les industriels que les standards existants élaborés par le Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe (association pour l'assurance qualité du RDF) sont trop complexes et inadaptés aux besoins de l'industrie cimentière. Le suivi du respect de ces standards nécessite des analyses coûteuses et des mesures d'assurance qualité qui sont mal acceptées par les cimentiers. Les experts de la « German Environment Agency » proposent une procédure simplifiée qui serait limitée à 3 paramètres : le chlore, le mercure et le PCI.

Une norme pourrait-elle constituer une référence utile pour les préparateurs de CSR et les cimentiers ?

Pour les préparateurs et les cimentiers français, l'objectif est de disposer d'un système de définition de la qualité du combustible permettant :

- au préparateur de pouvoir s'engager de manière précise sur le CSR qu'il propose : origine du produit, composition, PCI...
- aux industriels utilisateurs de CSR de pouvoir se « repérer », qu'il s'agisse de cimentiers ou d'autres secteurs industriels.

Les industriels français, britanniques et allemands interrogés dans le cadre de cette étude sur les possibilités de standardisation des caractéristiques du CSR soulignent qu'il n'existe pas de spécification unique optimale car tout dépend de l'installation dans laquelle il est utilisé. Par exemple :

- ✓ deux fours à ciment vont générer des émissions atmosphériques différentes avec un CSR identique.
- ✓ une usine de fabrication de chlore n'a aucune contrainte à imposer sur la teneur en chlore (au contraire, elle le récupère pour ses procédés).

La norme CEN pourrait s'avérer trop contraignante et conduire à des coûts de contrôle qualité élevés et superflus par rapport aux besoins spécifiques de la filière CSR en cimenteries.

Plutôt qu'une norme, l'élaboration d'une spécification du CSR au cas par cas semblerait mieux adaptée.

6.4 QUELLES SONT LES FILIERES CSR A DEVELOPPER EN PRIORITE ?

6.4.1 Intérêt relatif des différents gisements de déchets disponibles

Pour un opérateur privé ou public souhaitant développer son activité dans la filière CSR, le choix du gisement à valoriser dépend des caractéristiques des différentes sources de déchets dont il dispose. Les gisements disponibles peuvent être classés en deux catégories :

- d'une part des gisements de bonne qualité (déchets de production, DIB peu pollués et assez homogènes) permettant de fabriquer un CSR dont les performances techniques sont excellentes (en particulier en terme de PCI), mais limités en volume. En outre, la quantité de déchets de cette nature est destinée à diminuer sous l'effet de deux facteurs :
 - ✓ les progrès en matière de tri à la source permettent d'accroître les fractions recyclables et diminuent d'autant les quantités de déchets disponibles pour fabriquer du CSR
 - ✓ les délocalisations d'usines de transformation se traduisent par une réduction des tonnages de déchets de production.

³⁵ Article paru dans « Recyclage et Récupération » – n°37, du 5 novembre 2007

- d'autre part des gisements très importants en volume, mais souillés et hétérogènes (DIB en mélange, encombrants de déchèterie, refus de tri de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...), fractions haut PCI issues d'unités de TMB). Ces déchets sont plus difficiles à traiter et conduisent à des CSR dont la qualité est généralement moindre (PCI plus faible, teneur en chlore et en cendres plus élevée, présence de corps étrangers).

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux facteurs de différenciation des différents gisements de déchets disponibles.

	Homogénéité matériaux et pureté	Teneur en chlore	PCI ³⁶	Variabilité dans le temps	Disponibilité déchets (en tonnage)
Déchets de production	+	+	+	+	-
DIB en mélange	+/-	+/-	+	+/-	++
Refus de tri de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...)	+/-	+/-	+	+	+
Encombrants de déchèteries	+	+/-	+	+	++
Fractions à haut PCI issues des installations de TMB d'ordures ménagères résiduelles	-	-	+/-	-	- (+ à l'horizon 2013)

+ : Critère favorable en vue de la préparation de CSR
 - : Critère défavorable en vue de la préparation de CSR

6.4.2 Pour les collectivités locales

La situation des collectivités locales peut se résumer par le fait qu'elles n'ont « pas le choix » du gisement de déchets, l'objectif étant de valoriser leurs OMR. Le processus de tri mécano-biologique (TMB) consiste en la séparation mécanique des fines réputées fermentescibles et dirigées vers la digestion aérobie (compostage) de la fraction grossière. Selon les procédés utilisés, les résultats sont très sensiblement différents. Tous les procédés n'aboutissent pas à du combustible alternatif. Les procédés les plus aptes à obtenir un CSR performant séparent la fraction à haut PCI après digestion voire séchage, et lui font subir un traitement mécanique (tri, séparation des métaux, des inertes et des poussières, broyage....).

L'Allemagne a beaucoup développé cette filière à partir d'OMR (fortement appauvris par des collectes d'emballages et des déchets organiques). On y compte une quarantaine d'installations de production de CSR à partir de fractions à haut PCI issues d'unités de TMB. Pour les collectivités situées dans des zones géographiques qui disposent d'un important gisement local de déchets mais ne veulent (ou ne peuvent) pas investir lourdement dans une usine d'incinération, cette filière présente plusieurs avantages :

- c'est une solution à la fois flexible et peu coûteuse au regard des investissements,
- les perspectives économiques sont favorables (il faut toutefois garder à l'esprit que le contexte allemand est différent de celui de la France, du fait en particulier des conditions d'autorisation de mise en décharge),

³⁶ Le PCI d'un produit préparé à partir d'ordures ménagères est de l'ordre de 15 à 17 MJ/kg, de 20 MJ/kg dans le cas d'une fraction riche en emballages, de 30 MJ/kg pour des pneus, de 25 à 40 MJ/kg pour un refus de collecte sélective plastique et de 40 MJ/kg pour un combustible fossile.

- elle résout le problème de l'absence d'investisseurs prêts à financer une usine d'incinération au plan régional.

Ces unités alimentent en CSR un large marché composé de chaudières industrielles, de centrales à lit fluidisé pour chauffage urbain et de cimenteries, ces installations répondant aux exigences de la directive sur l'incinération.

En Italie, la législation dans certaines régions (par exemple le Piémont) oblige les communes à se regrouper en consortiums pour organiser des filières de valorisation des déchets ménagers. Par exemple, quatre consortiums se sont formés dans la province de Cuneo afin de mettre en place des filières de collecte et de valorisation des ordures ménagères résiduelles (OMR). Dans le cas du consortium que nous avons étudié, l'objectif défini dès le démarrage du projet de valorisation des OMR était d'alimenter une cimenterie avec un CSR issu de la fraction à haut PCI produite par une nouvelle unité de TMB.

En Grande Bretagne, dans le cadre des objectifs nationaux fixés par le gouvernement pour réduire les quantités d'OM mises en décharge, des contrats du type « Integrated Waste Management Services Contract » (PPP) d'une durée de 25 ans sont établis entre des communautés de communes et des opérateurs privés, pour la gestion complète des flux d'OM, pour des tonnages pouvant atteindre plusieurs millions de t/an³⁷. Des appels d'offres sont émis chaque année pour accroître progressivement le tonnage total d'OM valorisées. Plusieurs unités de TMB avec tri mécanique en aval ont été construites récemment (ou sont en construction) et produisent des quantités significatives de CSR.

En France, la situation est toute différente puisqu'on ne compte aucune unité de fabrication de CSR à partir de fractions à haut PCI issues d'unités de TMB. D'autre part, les collectivités locales ont le sentiment d'être prises en étau entre des conditions de mise en décharge des OMR de plus en plus contraignantes et des obstacles réglementaires, sociétaux et financiers pour celles qui souhaitent construire une unité d'incinération³⁸. En l'absence d'alternative clairement identifiée, elles s'orientent souvent vers la méthanisation, cette voie de valorisation ayant l'avantage d'être bien perçue par la population. Plutôt que de valoriser uniquement la fraction fermentescible comme c'est généralement le cas actuellement, la fabrication de CSR pourrait constituer une opportunité de valorisation pour les fractions non concernées par la méthanisation en tant que telle.

³⁷ Le « Landfilling Allowance Trading Scheme » (LATS) demande aux acteurs économiques concernés (principalement les municipalités) de réduire les quantités de déchets biodégradables mis en décharge et fixe des objectifs quantitatifs aux horizons 2011, 2015 et 2020. Ceux qui ne respecteront pas ces objectifs seront astreints à payer une pénalité pouvant aller jusqu'à 50£/tonne de déchet. Ceux qui iront au-delà des objectifs pourront vendre leurs « trading surplus ». Cette mesure est une forte incitation au développement de nouvelles installations de tri mécano-biologique.

D'autres incitations sont également mises en place comme le ROO / Renewable Obligation Order (subvention du type « Certificat Vert ») et les RHI / Renewable Heat Incentives à partir de 2011.

³⁸ Pour nombre d'entre elles, la densité démographique n'est pas suffisante pour justifier économiquement la construction d'une unité d'incinération.

A l'image de ce que l'on observe en Allemagne, en Italie et en Grande-Bretagne, des unités de préparation de CSR à partir des fractions haut PCI issues des unités de TMB des OMR pourraient se développer en France sur une grande échelle dans les cinq prochaines années, à condition de mettre en œuvre les initiatives d'accompagnement indispensables.

La filière de fabrication du CSR à partir des fractions à haut PCI issues des installations de TMB des ordures ménagères résiduelles constitue une solution qui semble intéressante pour les collectivités locales situées dans des zones géographiques où la densité de population n'est ni trop faible (zones rurales à faible densité) ni trop élevée (grandes agglomérations) et qui ne souhaitent pas (où ne peuvent pas) investir dans des unités d'incinération. Les unités visitées en Grande Bretagne, en Allemagne, en Italie, en Belgique et aux Pays-Bas dans le cadre de cette étude démontrent que cette filière permet de fabriquer un CSR valorisable par les cimenteries, au niveau du précalcinateur et de la tuyère principale.

Toutefois, le développement de cette filière suppose de surmonter plusieurs contraintes :

- la teneur en chlore généralement élevée des CSR fabriqués,
- cette filière est relativement complexe du fait de l'accumulation d'opérations successives, qui engendre des coûts d'exploitation élevés.

Cette solution nécessite en outre une analyse d'opportunité préalable, tant des débouchés, de son intégration dans un schéma de gestion global, que des perspectives d'évolution des gisements de déchets sur les 10 ans à venir

A la lumière des visites effectuées, deux impératifs doivent être pris en compte pour maximiser la viabilité économique de cette filière :

- les unités doivent être d'une capacité suffisante (minimum 40 à 50 000 t/an de déchets traités) afin de favoriser les économies d'échelle,
- la conception de la partie « séparation mécanique » de l'unité de TMB doit être parfaitement adaptée à la nature de la fraction à haut PCI issue du traitement biologique. Malgré les grands progrès réalisés ces dernières années en matière de tri, en particulier en matière de tri optique, beaucoup reste à faire en matière de réduction de la teneur en chlore dans le CSR fabriqué.

Au niveau des mesures d'accompagnement, on pourrait par exemple envisager, dans un premier temps, de réaliser une ou deux unités « vitrines » avec des aides financières appropriées, afin de déboucher sur un procédé commercial fiable. La réalisation d'opérations de démonstration, basées par exemple sur la valorisation de DIB, pourrait permettre éventuellement « d'amorcer la pompe », en répondant aux questions en suspens (problème des poussières et du chlore) et de valider les conditions à rassembler pour une bonne diffusion du procédé.

6.4.3 Pour les industriels

Le contexte est différent pour les industriels souhaitant développer une filière CSR. Deux stratégies s'offrent à eux:

- la première consiste à développer une filière autonome en investissant dans une unité de préparation de CSR à partir de refus de tri de DIB, de déchets de transformation, d'encombrants de déchèteries ou de refus de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...) qu'ils collectent eux-mêmes ou qu'ils achètent à des collecteurs,
- la deuxième consiste à s'intégrer dans une filière CSR de valorisation des OMR développée par une collectivité locale, à l'image des projets analysés en Italie et en Grande-Bretagne dans le cadre de cette étude. Il est fréquent en effet qu'une collectivité locale ne souhaite pas gérer elle-même cette étape de la filière. Dans ce

cas elle confie l'ensemble du développement et de la gestion de l'usine à un acteur privé.

Seule la première stratégie a été mise en œuvre aujourd'hui en France.

Les préparateurs interrogés dans les différents pays nous ont fait part des motivations les ayant conduit à la décision d'investir. Ces motivations sont variables selon le pays et dépendent fortement des contextes nationaux. Dans la plupart des pays étrangers étudiés, les préparateurs ont saisi les opportunités liées à l'interdiction de la mise en décharge.

En France, les motivations ayant conduit les industriels interrogés à se lancer dans le développement de la filière CSR sont l'absence de décharge dans la région, le souhait de ne plus avoir le prix de l'exutoire fixé par un seul opérateur et la présence dans la région d'industriels qui mettaient en décharge leurs déchets de production.

6.5 QUELS OBSTACLES FAUT-IL SURMONTER POUR DEVELOPPER L'USAGE DU CSR EN CIMENTERIES ?

Les opérateurs des unités de préparation visitées en Allemagne, aux Pays-Bas et en Belgique doivent gérer une double contrainte au plan économique :

- d'une part le « gate fee » payé par les producteurs de déchets à tendance à décroître du fait de la demande élevée des unités d'incinération. C'est particulièrement le cas en Allemagne et aux Pays-Bas, où de nombreux incinérateurs ont été construits ces dernières années,
- d'autre part le prix de cession du CSR aux cimentiers et aux autres unités de co-combustion fait l'objet de négociations serrées.

En France, du fait des prix de mise en décharge des déchets non dangereux nettement plus faibles que dans les pays mentionnés ci-dessus, les détenteurs de déchets préfèrent mettre leurs déchets en décharge.

D'autre part, les préparateurs de CSR mentionnent d'autres obstacles qu'ils ont dû surmonter lors de la mise en place de leur activité :

- l'arrivée de tonnages importants de farines animales sur le marché a bloqué le développement du CSR pendant plusieurs années,
- ils déplorent le coût du « ticket d'entrée » pour pénétrer le marché des cimentiers en France. Par exemple, certains cimentiers demandent de tester des tonnages importants de CSR, puis interrompent totalement leurs approvisionnements pendant plusieurs mois, puis décident de reprendre les essais...

6.6 QUELLE EST LA NATURE DES AUTRES DEBOUCHES DU CSR ?

Les centrales de production de vapeur et d'électricité : En dehors des cimenteries, le principal débouché du CSR dans plusieurs des pays visités est constitué des centrales de production de vapeur/électricité. La spécification du CSR requise par ces centrales est moins contraignante que celle des cimentiers. Le tableau ci-dessous indique les caractéristiques du CSR consommé par une centrale thermique allemande. En outre, ces produits ne sont généralement pas acceptés par les cimentiers car trop légers.

PCI	13-18 MJ/kg
H ₂ O	<25 %
Cendres	<25 %
Chlore	<1 %

En France, les débouchés du CSR vers les centrales de production de vapeur et d'électricité sont peu développés pour le moment, bien qu'il existe un potentiel.

La gazéification se développe lentement. L'unité de préparation visitée en Grande-Bretagne vendra du CSR à partir de 2011 à une unité de gazéification en construction située à proximité.

La sidérurgie : En France, le secteur de la sidérurgie n'utilise de CSR ni dans les hauts-fourneaux ni dans les fours à arc électriques. En Allemagne il est interdit d'envoyer des refus de centres de tri dans des hauts-fourneaux sans avoir effectué un traitement préalable.

Les chaudières pour le chauffage urbain constituent une piste possible et se développent en Scandinavie et en Allemagne.

Les débouchés potentiels du CSR sont nombreux mais peu d'entre eux sont effectivement consommateurs de tonnages significatifs en France.

L'ouverture du marché du CSR à d'autres débouchés que les cimenteries contribuerait à l'émergence d'une filière CSR pérenne en France, en permettant en particulier des coûts de traitement des déchets plus faibles pour les préparateurs.

Il conviendrait d'analyser avec les grands producteurs d'électricité dans quelle mesure ils pourraient jouer un rôle moteur dans la réalisation d'investissements dans des unités de co-combustion.

6.7 QUELLES SONT LES BONNES PRATIQUES DE PREPARATION ET D'UTILISATION DU CSR ?

Les bonnes pratiques identifiées lors des visites ont été décrites en détail au chapitre 3. Nous revenons ci-après sur celles qui, du fait de leur impact, devraient être prises en compte en priorité par les industriels et les collectivités locales souhaitant développer des projets.

6.7.1 Bonnes pratiques en matière d'approvisionnement en déchets

- S'assurer de la qualité des opérations à toutes les étapes de la filière, par exemple la qualité du tri à la source par le détenteur de DIB, la « qualité » du gardiennage de la déchèterie.....afin d'avoir une bonne connaissance des flux d'entrée. Un suivi régulier des DIB est indispensable en amont, au moyen de visites fréquentes chez les détenteurs de déchets, afin de minimiser la présence de PVC, de plâtre dans les encombrants de déchèteries (à cause du soufre qu'il contient), de DEEE et de déchets dangereux.
- Maîtriser la variabilité de la composition des déchets, afin de fabriquer un CSR ayant des caractéristiques aussi constantes que possible. La régularité du PCI est aussi importante pour les cimentiers que sa valeur absolue. En effet, en cas de variation brutale du PCI, il peut y avoir un temps de latence dans certaines installations avant que la correction d'injection de combustible ne soit effectuée et ceci peut conduire à une déstabilisation du fonctionnement du four.
- Réduire au maximum la présence de chlore dans les déchets entrants :
 - ✓ Optimiser le tri à la source (cf. point ci-dessus)
 - ✓ Séparer manuellement les grosses pièces en PVC avant chargement du broyeur primaire
 - ✓ Il y a quelques années, les cimentiers français s'attendaient à ce que la teneur en chlore dans le CSR diminue tendanciellement au fil des ans, jusqu'à environ 0,5 %. Or la teneur observée dans les CSR a tendance à stagner autour de 0,7 à 0,8 %. Il est indispensable de mieux comprendre l'enjeu du « chlore diffus » contenu dans les

déchets et les possibilités de réduction de la teneur en chlore dans les déchets. Des travaux de recherche seraient nécessaires pour identifier l'origine du chlore contenu dans chacune des 4 catégories de déchets étudiées et déboucher sur des recommandations concrètes destinées soit aux producteurs de déchets (tri à la source) soit aux collecteurs, soit aux préparateurs de CSR.

- Favoriser la mise en place de sources d'approvisionnement en déchets fiables et régulières. Le contexte est très différent selon que l'on considère les OMR ou les déchets industriels et les refus de collecte sélective des matériaux secs (emballages ménagers, ...) :
 - ✓ dans le premier cas, les OMR sont fournies à l'exploitant par une collectivité locale, la plupart du temps dans le cadre de contrats de fourniture à long terme (10 ou 20 ans). Ceci permet à l'exploitant d'amortir son investissement sans risques.
 - ✓ dans le cas des déchets industriels et des refus de collecte sélective des matériaux secs (emballages, ...), la plupart des préparateurs de CSR ne travaillent pas dans le cadre de contrats à long terme mais ont mis en place progressivement leur propre réseau de collecte au fil des ans.

6.7.2 Bonnes pratiques en matière de préparation du CSR

Bonnes pratiques concernant tous les déchets

- Réduire au maximum la présence de chlore dans le CSR. Prévoir un tri optique du PVC. De nombreux préparateurs de CSR n'utilisent pas de tri optique pour des raisons de coût. Seules les installations les plus sophistiquées sont équipées aujourd'hui de tels systèmes. Pour les opérateurs de ces unités, « faire une installation de préparation de CSR sans tri optique est une aberration ! »)
- Minimiser la teneur en humidité. Il s'écoule en moyenne 8 à 15 jours entre l'arrivée du CSR dans le stockage d'entrée du préparateur et la sortie du CSR fabriqué. Pendant cette période, le taux d'humidité des déchets industriels chute de 3 à 5 %.
- le préparateur doit disposer d'un stockage tampon de CSR aussi grand que possible afin de pouvoir stocker en cas d'arrêt ou de diminution d'activité d'un client.
- Optimiser le broyage :
 - ✓ Le coût de préparation dépend fortement du coût du broyage (coûts de maintenance et de consommation électrique). Il est donc lié à la granulométrie du CSR fabriqué. Plus le broyage est fin, plus le CSR est coûteux.
 - ✓ Les broyeurs doivent pouvoir être réparés dans un délai court en cas d'usure ou de détérioration d'une pièce. Ces équipements sont en effet très sollicités et les arrêts pour maintenance sont nombreux, en particulier en cas de présence intempestive de grosses pièces en métal). La durée d'arrêt a un impact fort sur la productivité. Une réparation doit pouvoir être réalisée en moins de 4h (24h s'il faut approvisionner une pièce).
 - ✓ Prendre les précautions nécessaires pour éviter les risques liés aux poussières de plastiques : incendie et risques sanitaires pour les travailleurs.
- Ne pas fabriquer du « hard pellet », sauf cas particulier. L'avantage du hard pellet est sa compacité (moins de surface de stockage nécessaire et coût de transport moins élevé). Il se justifie dans des cas particuliers, comme aux Pays-Bas où il n'y a qu'une seule cimenterie dans le pays et où les préparateurs sont obligés d'exporter le CSR par bateau.

Mais la production et l'utilisation de hard pellet sont très énergivores :

- ✓ fabrication et refroidissement des pellets au stade de la préparation

- ✓ rebroyage avant injection dans la cimenterie. Si le broyage n'est pas parfait, les conditions de combustion peuvent s'avérer délicates.
- surveiller la présence de produits durs de petit calibre (petits cailloux, plastiques rigides mal broyés, « échappées ») qui provoquent une abrasion accélérée des lignes d'injection. Intégrer ce paramètre à la procédure de contrôle qualité du CSR et mettre en place une méthode pour les éliminer.

Bonnes pratiques spécifiques aux déchets de production

L'unité de préparation doit être spécifiquement conçue à la fois en fonction des caractéristiques du flux à traiter et en fonction de l'utilisation prévue du CSR fabriqué.

Surveiller la présence de corps étrangers

Surveiller la variabilité de la composition des déchets. Aucun mélange n'étant prévu à l'entrée de la cimenterie, il faut que le broyat en sortie d'unité de préparation soit conforme à la spécification requise pour le four de cimenterie.

Bonnes pratiques spécifiques aux refus de DIB

- Séparer les métaux au maximum afin de les valoriser par recyclage
- Effectuer un pré-tri visuel lorsque les déchets sont très hétérogènes, afin de mettre de côté les pièces de grande dimension en PVC (tuyaux) et en HDPE (fûts, tuyaux).

Bonnes pratiques spécifiques aux refus de tri des collectes de matériaux secs (emballages ménagers, ...)

Surveiller la teneur en chlore

Surveiller la présence de gros morceaux (pierres,...).

Bonnes pratiques concernant les encombrants de déchèteries

Séparer en trois bennes différentes la collecte des encombrants à base de plâtre, de PVC et le reste.

6.7.3 Bonnes pratiques concernant l'utilisation du CSR par les cimentiers

- Réaliser le dépotage du CSR dans des alvéoles fermées assurant l'étanchéité lors du déchargement des camions, afin d'éviter la propagation des poussières. Dans ce cas, un système d'aspiration est indispensable
- Effectuer une pesée très précise du CSR injecté dans la tuyère
- Vérifier l'homogénéité du CSR pour faciliter le transport pneumatique vers la tuyère d'injection
- Adapter chaque cimenterie aux contraintes liées à la présence de chlore dans le CSR, en investissant chaque fois que nécessaire dans un système de by-pass chlore
- Etablir des spécifications du CSR optimisées en fonction du taux de substitution (spécifications à « géométrie variable ») et réviser les cahiers des charges en conséquence.

6.7.4 Bonnes pratiques en matière de coordination entre préparateurs et cimentiers

- Mettre en place des accords de fourniture de CSR à long terme. Certains préparateurs visités ont établi des contrats de fourniture à court terme (environ 1 an) avec leur(s) client(s) cimentier(s) tandis que d'autres sont tributaires de commandes « spot ». Ces derniers sont dans une situation commerciale précaire car ils sont soumis aux fluctuations conjoncturelles de la demande et à la versatilité de leurs clients.

D'un côté les préparateurs souhaiteraient s'assurer des débouchés pérennes par le biais de contrats de fourniture de longue durée, mais d'un autre côté, ils ne souhaitent pas s'engager sur des durées trop longues car cela diminuerait les possibilités de renégociation des prix de cession du CSR en cas de variation de la conjoncture.

Le contexte actuel semble favorable à l'établissement de contrats équilibrés entre préparateurs et cimentiers, assortis d'une clause de renégociation des tarifs. En effet, au fur et à mesure que leurs taux de substitution augmenteront, les cimentiers chercheront à mieux sécuriser leurs approvisionnements en CSR.

- Au niveau des procédures de contrôle qualité, harmoniser les méthodes d'échantillonnage entre préparateur et cimentier et veiller à la fiabilité des mesures.

ANNEXE 1 : LISTE DES SITES VISITES

Préparation	Cimenterie	Pays
Geocycle (Heming)	Holcim (Héming)	France
Véolia (Ludres)		France
PENA Environnement (Mérignac)		France
Sibuet (Chamoux/Gelon)	Vicat (St Egrève)	France
Shanks (Frog Island)		GB
Shanks (Gand)	CCB (Gaurain)	Belgique
VAR (Rijsk)		Pays-Bas
	ENCI (Maastricht)	Pays-Bas
Holcim (Lägerdorf)	Holcim (Lägerdorf)	Allemagne
Ecowest (Ennigerloh)		Allemagne
ZAB (Niederlehme)		Allemagne
Ecodeco (Villafalletto)	Buzzi (Robilante)	Italie
	Lafarge (Kujawy)	Pologne
EGN (Neuss)		Allemagne
Alba recycling (Berlin)		Allemagne
Icova (Amsterdam)		Pays-Bas
IOK (Geel)		Belgique

ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE

SITA / Juniper / ASSURE	Mechanical-Biological treatment: A Guide for Decision-Makers – Processes, policies and markets	2005
BIPE (pour FNADE / ADEME)	Les centres de traitement Mécano-Biologiques (TMB) : des outils flexibles en réponse aux contraintes locales	2009
RECORD	Combustibles solides de récupération – Etat des lieux et perspectives.	Juin 2007
Commission européenne – DG Environnement	REFUSE DERIVED FUEL, CURRENT PRACTICE AND PERSPECTIVES	Juillet 2003
TNO (Organisation néerlandaise de recherche scientifique appliquée)	Traitement des déchets industriels dans les fours à ciment ou les incinérateurs : Une comparaison environnementale. Une comparaison environnementale	
Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung	MBA-Steckbriefe 2007-2008	
Verein Deutscher Zementwerke e.V.	Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2007	
Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.	Sekundärbrennstoffe Gütesicherung RAL-GZ 724	
ADEME	Evaluation de la production nationale de déchets non dangereux et dangereux des entreprises en 2004.	2005
ADEME	Campagne nationale de caractérisation des OM – Année 2007	Juin 2009
ADEME	Enquête collecte 2007 relative aux ordures ménagères	Juin 2009
ADEME	Les installations de traitement des ordures ménagères - Résultats 2006	Juillet 2008
J.O République française	Arrêté du 31 mars 2008 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008-2012	22/06/2008
ASA (Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung)	Innovative waste treatment by means of waste specific solutions	2009
ATILH	Méthodologie pour la déclaration annuelle des émissions polluantes de l'industrie cimentière française	07/07/2003
Journal officiel de l'Union européenne	Directive 2000/76/CE du Parlement Européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets	28/12/2000
Journal officiel de l'Union européenne	Directive 2008/98/CE du Parlement Européen et du Conseil, du 19 novembre 2008, relative aux déchets et abrogeant certaines directives.	22/11/2008
Journal officiel de la République française	Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux, modifié par l'arrêté du 10 février 2005.	01/12/2002

ANNEXE 3 : SPECIFICATIONS DEFINIES PAR LES CIMENTIERIS FRANÇAIS POUR LE CSR

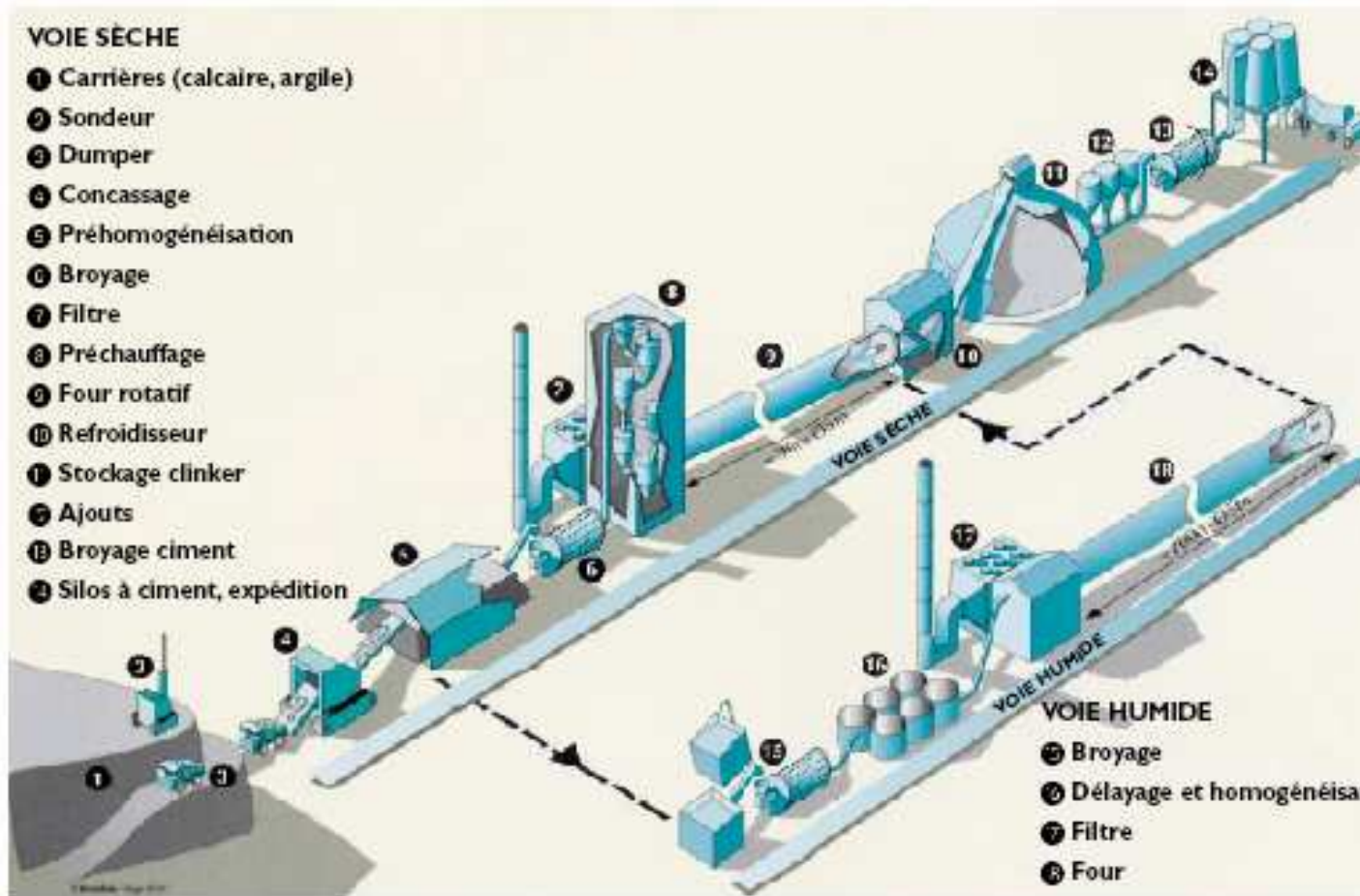
Le tableau ci-dessous est une synthèse des spécifications définies par les cimentiers français pour le CSR qu'ils utilisent.

	Général	Tuyère	Précalcinateur	Dispersion
Granulométrie	30 mm max, épaisseur 1mm (feuilles, papier, emballage) 25 mm max, épaisseur 5 mm (plastique léger)	- <20mm '- 30mm en 2D, 10 mm en 3D	- 40 mm max et L+l+e<100mm '- <50mm	+/-
PCB + PCT	<50 ppm <1 %			-
Chlore	<0,2 à 0,7 % 0,3 % moyen, max 0,5 % <0,5 %			+
F + Br + I	<0,2 à 1 % <1 %			+/-
Soufre	<0,1 à 4 % <1 %			-
PCI (GJ/tonne)	>21	>20 >21; 22 à 25 >17	>15 >14; 14 à 17	+/-
H ₂ O		<10 % <25 % <15 %	<15 % 7 % moyen; maxi 10 %	-
Cendres	<10 à 20 % <15 %	Bas 10 % moyen; max 15 %		+/-
Na ₂ O + 0,658 K ₂ O	<2 %			n.s
Hg	<10 ppm			+
Groupes de métaux	Cd + Tl + Hg: <100 ppm			-
	As + Co + Ni + Se + Te + Sb + Cr + Sn + Pb + V: <2500 à 10 000 ppm			
	Mn + CU + As + Co + Ni + Sb + Cr + Pb + V + Cd + Tl + Hg: <10 000 ppm			
Cu	<300 ppm <500 ppm			-
Pb	<500 ppm			n.s
Zn	<500 ppm			n.s
Cr	<300 ppm			n.s
Autres	Absence de corps étrangers (gravats, pièces métalliques, verre....) Contaminations interdites: bois, plastiques solides (3D). Déchets interdits: radioactifs, explosifs, auto-inflammables, oxydants puissants, lacrymogènes, extrêmement inflammables, OM brutes.			+/-

ANNEXE 4 : EXEMPLES DE PROJETS D'UNITES DE TMB EN FRANCE

Localisation	Caractéristiques et perspectives	Date de démarrage
Champniers / Ste Sévère (Deux-Sèvres)	Calitom (Syndicat départemental). Deux options sont envisagées: livraison à un cimentier ou mise en décharge. Investissement: 20 MEUR Capacité : 20 kt/an Procédé: Rosroca (Espagne).	Fin 2011
Launay-Lantic (Côtes d'Armor)	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétaire: Smitom de Launay-Lantic - Unité gérée par Véolia jusqu'en 2008 puis par la CNIM depuis. - Usine de compostage d'OM modernisée. Projet à l'étude (horizon 2 à 3 ans) d'unité de fabrication de CSR de 50 à 60 000 t/an. - 100 % du refus de compostage va actuellement en décharge. - Les quantités produites s'avèrent trop faibles pour obtenir un prix du CSR compétitif. Les échantillons analysés n'étaient pas au niveau de la spécification requise par les cimentiers. 	
Douai	<ul style="list-style-type: none"> - Projet à l'étude (100 000 t/an d'OM résiduelles), avec production de CSR. - Développeur : SYMEVAD (SYndicat Mixte d'Elimination et de VALorisation des Déchets - Communauté d'Agglomération du Douaisis, d'Hénin-Carvin et la Communauté de Communes OSARTIS) 	2011

ANNEXE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE CIMENTERIE



ANNEXE 6 : GLOSSAIRE

ATILH : Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques

CSR : Combustible solide résiduel

Déchets: toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire

Déchets municipaux en mélange: déchets ménagers ainsi que les déchets provenant des activités commerciales, industrielles et des administrations qui, par leur nature et leur composition sont analogues aux déchets ménagers, mais à l'exclusion des fractions qui sont collectées séparément à la source

Détenteur de déchets: le producteur des déchets ou la personne physique ou morale qui a les déchets en sa possession

DIB : Déchets industriels banals

ERFO : European Association of producers of Solid Recovered Fuels

Huiles usagées: toutes les huiles minérales ou synthétiques, lubrifiantes ou industrielles, qui sont devenues impropres à l'usage auquel elles étaient initialement destinées

PCI : Pouvoir calorifique inférieur

PNAQ : Plan National d'Affectation des Quotas d'émission de gaz à effet de serre

Producteur de déchets: toute personne dont l'activité produit des déchets (producteur de déchets initial) ou toute personne qui effectue des opérations de prétraitement, de mélange ou autres conduisant à un changement de nature ou de composition de ces déchets

OM : Ordures ménagères

OMR : Ordures ménagères résiduelles (équivalent des déchets municipaux en mélange)

SFIC : Syndicat Français de l'industrie Cimentière

STEP : Station d'épuration des eaux usées

TJ : Terrajoules (milliard de kJoules)

TMB : Tri mécano-biologique

VDZ (Verein Deutscher Zementwerke) : Syndicat allemand de l'industrie cimentière.