



Client :	FEDEREC	Date :	15 octobre 2014
Contact :	M. Marc Pena	Affaire suivie par :	M. Gérard Martin
Tél :	05 56 34 32 30	Tél :	04 27 19 48 01
Mobile :	06 08 32 22 12	Mobile :	06 64 34 32 85
E-mail :	marc.pena@groupepena.fr	E-mail :	gerard.martin@atanor-sa.com

Référence :	FEDEREC_CSR
Rédacteurs :	B. Adam – G. Martin
Signature du responsable de l'étude :	

Note de synthèse

Développement de l'utilisation des CSR en chaudières Synthèse

Date	Objet	Révision
02/11/2015	Première version	00

Ce document est strictement confidentiel. Il est la propriété du Client dont le nom est mentionné plus haut. La reproduction ou la divulgation à des tiers de tout ou partie du document est strictement interdite sans son autorisation écrite.

I. Synthèse

A. Contexte

L'utilisation des CSR (Combustibles Solides de Récupération) s'est développée dans un certain nombre de pays européens comme l'Italie, la Finlande, l'Autriche, l'Irlande, la Norvège, les Pays-Bas, l'Allemagne.

FEDEREC, dont certains adhérents sont producteurs de CSR, a décidé d'engager des actions qui visent à aider au développement des marchés desdits CSR en France, notamment dans d'autres applications que celles existant à ce jour, grâce à une meilleure connaissance des gisements et à une nomenclature claire, précise et justifiée, qui prenne en compte chacun des types d'équipement dans lesquels les CSR peuvent être brûlés.

Une utilisation plus large des CSR, aujourd'hui limitée en France à l'industrie cimentière et dans de rares cas en co-combustion dans des centrales à charbon, permettrait :

- De réduire les quantités de déchets mis en décharge.
- De limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES).
- De préserver les ressources naturelles.
- De réduire la dépendance aux combustibles fossiles.
- De redonner de la compétitivité aux entreprises grâce à l'accès à des ressources énergétiques à coûts attractifs.

La présente étude a pour objectif de fournir à FEDEREC :

- un état de l'art sur la situation des CSR en Europe,
- une caractérisation approfondie d'un panel de CSR issus du territoire français,
- des essais de combustion sur des chaudières à grille prévues initialement pour du bois,
- une étude des systèmes de combustion les mieux adaptés à consommer des CSR et une enquête auprès des acteurs de la filière énergie (fabricants, consommateurs de chaleur, ..),
- une proposition de nomenclature des CSR pour faciliter leur classement et leur utilisation.

B. Etat de l'art

De la mise à jour de l'Etat de l'art relative aux CSR, il ressort en premier lieu que la définition même des CSR manque de clarté, que ce soit au niveau national ou au niveau européen. Cela a pour conséquence un manque de lisibilité ; ce qui contribue à la méfiance des Pouvoirs publics et des citoyens vis-à-vis de la valorisation thermique des CSR. En outre, cela rend également difficile la collecte et l'interprétation des données, en particulier sur les volumes des gisements existants et sur les méthodes de valorisation.

Concernant la qualité des CSR, une norme a été mise en place mais reste moyennement appliquée et ne renseigne que partiellement l'utilisateur sur le contenu réel des CSR. En outre, elle est assez stricte et par conséquent la plupart des CSR sont classés dans les catégories les plus défavorables ; ce qui n'est pas forcément représentatif des possibilités et des performances du produit en combustion.

En termes réglementaires, la valorisation des CSR reste assez contraignante, que ce soit en France ou en Europe. Aujourd'hui, les principales voies restent la cimenterie et les incinérateurs d'OM. Les autres voies de valorisation sont très limitées et restent encore à développer. Il est à noter cependant que seule la France fait actuellement le choix de limiter la composition des CSR, tout en maintenant des contraintes de combustion sensiblement identiques à celle de l'incinération des OM.

Enfin, vis-à-vis du marché européen, la plupart des pays ont pris conscience de l'intérêt de la valorisation thermique des CSR dans un cadre respectueux de l'environnement. Les approches peuvent varier en fonction des pays. Quand certains y voient une occasion de substituer des combustibles traditionnels par des combustibles à bas coût, d'autres profitent de ce nouveau marché en développement pour diminuer les quantités enfouies chaque année, quitte à véhiculer les CSR sur plusieurs milliers de km avant d'être valorisés.

C. Caractérisation

Au cours de l'étude, 16 échantillons ont été analysés. On peut les regrouper en 4 catégories :

- Les DIB et encombrants.
- Les OM.
- Les résidus de broyage.
- Les mélanges OM/DIB.

La caractérisation s'est déroulée en trois étapes : une phase d'échantillonnage, une phase d'analyse physique et une analyse élémentaire. Ainsi nous avons pu obtenir un aperçu assez large des matériaux composants les CSR, avec notamment :

- Bois (broyats de meubles et/ou de palettes).
- Plastiques souples (emballages, gaines).
- Plastiques durs (coques).
- Films métallisés (emballages).
- Textiles.
- Minéraux (cailloux, verres, gravats).
- Métaux (fils de cuivre, paillettes ou morceaux d'aluminium).
- Mousses (rembourrage de mobiliers).
- Papiers/cartons.
- Pneumatiques/élastomères.
- Broyat fin (< 5 mm).
- Polystyrène.
- Nylon, fibres plastiques
- Compost.

Le principal constat que l'on peut faire à la suite de ces analyses physiques est que tous les CSR sont différents. Les principaux matériaux qui les composent sont les plastiques, le bois, les textiles et les papiers cartons. On observe des variations importantes d'un CSR à un autre. La granulométrie est assez bien maîtrisée avec des tailles de particules qui sont la plupart du temps inférieure à 30 mm. La densité des produits est assez faible avec des valeurs comprises généralement entre 75 et 250 kg/m³.

Hors cas particulier, la teneur en minéraux est assez faible (quelques %) notamment pour les DIB et les encombrants. Il en est de même pour les métaux où les particules métalliques retrouvées sont souvent des petits fils coincés dans des morceaux de gaines de polymères.

Parmi les résultats de l'analyse élémentaire, nous avons constaté que :

- Les PCi (brut) sont compris entre 7 et 25 MJ/kg, avec une majorité entre 15 et 20.
- Les teneurs en cendres sont assez importants avec une moyenne (sur sec) de 17 % pour les DIB et mélanges à bases de DIB, 37,5 % pour les résidus de broyages et un peu plus de 40 % pour les OM.
- Les teneurs en azote et soufre sont proches de celles des charbons avec des valeurs qui oscillent entre 0,8 et 2% pour l'azote et 0,2 et 0,9 % pour le soufre.
- Quant au chlore, il est compris entre 0,7 et 1,7 % avec une moyenne à 1,1 %.

- Certains CSR ont été analysés 2 fois à 3 mois d'intervalle et les compositions sont très stables (moins de 10 % de variation sur les différents éléments).

Les analyses physiques couplées aux analyses élémentaires ont également permis de déterminer des corrélations entre certains éléments et les matériaux, comme par exemple les origines du chlore, du soufre et de l'azote. Ainsi cela permettra aux producteurs de CSR d'améliorer la qualité de leurs produits en essayant d'optimiser l'extraction de certains matériaux comme les mousses de polyuréthane, les films métallisés, ...

D. Analyse des technologies de combustion

Dans la gamme de puissances de chaudière visée par FEDEREC pour la valorisation des CSR en production d'énergie, c'est-à-dire entre 1 et 20 MW, il existe plusieurs technologies de combustion, mais celle qui est de loin la plus largement utilisée est le foyer à grille.

Les autres technologies de combustion possibles sont :

- Le foyer à lit fluidisé dense ou circulant.
- Le brûleur à combustible pulvérisé.
- Le réacteur cyclonique.
- Le four à sole unique ou multiples.
- Le four tournant.
- Le four oscillant.

Les deux technologies retenues pour la valorisation des CSR sont la grille et le lit fluidisé. Ce dernier est moins répandu mais offre un niveau de performance intéressant, parfois plus adapté pour certains types de combustible. Les autres technologies évoquées ci-dessus sont non adaptées aux CSR ou trop peu répandues pour être pertinentes.

Les technologies à grilles sont assez variées. Elles se différencient entre autres par :

- Le mode d'introduction du combustible : déposé sur la grille ou projeté.
- Le type de grille : grille à gradins, grille à barreaux, grille à rouleaux.
- Le type de barreau.
- L'inclinaison de la grille.
- Etc.

La chaudière à grille n'est pas très exigeante sur les caractéristiques physiques des combustibles. Elle demande en premier lieu que les cendres aient des températures de fusion suffisamment élevées pour éviter la formation de mâchefers. L'humidité peut être comprise entre 15 et 50 % sur brut, voire 60 % avec certains équipements spécialement conçus pour des charges très humides. Elle admet des combustibles aussi variées que des plaquettes, des granulés, de la paille, etc. Les exigences se situent plutôt au niveau de l'alimentation en combustible du foyer, car c'est souvent à cet endroit que sont localisés les problèmes rencontrés (blocage de convoyeur, de vis, etc.). Enfin, les taux de cendres ne doivent pas être trop importants (sauf cas particulier, on se limite généralement à 15 %). En outre les masses volumiques trop faibles peuvent être synonymes de voûtage et de mauvais avancement sur les grilles.

Concernant les systèmes à lit fluidisé, ils sont à la fois moins exigeants sur la nature des combustibles admissibles et plus contraignants quant à leurs caractéristiques physiques. En d'autres termes, un foyer à lit fluidisé pourra utiliser une large palette de combustibles (biomasse, déchets, mais aussi charbons, coques, etc.), y compris des combustibles qui ont des teneurs en cendres très élevées (jusqu'à 50 % voire plus dans certains cas). En revanche, il faut que la granulométrie soit maîtrisée, plutôt inférieure à 50 mm et éviter d'avoir des objets non désirés tels que cailloux, pièces métalliques, etc., surtout sur les

petits lits fluidisés (quelques MW) où les systèmes d'extraction sont trop coûteux. Cette flexibilité du foyer à lit fluidisé dense vis-à-vis du combustible suppose toutefois que les dispositifs auxiliaires du foyer (alimentation en combustible, dosage en combustible, extraction des cendres, etc.) soient conçus pour l'emploi d'une grande variété de charges.

Enfin le lit fluidisé peut présenter l'avantage par rapport aux foyers à grille de mieux contrôler la combustion (température et rapport locaux comburant/combustible). En outre, il est possible de minimiser la formation de certains polluants comme les acides et les NOx en intégrant des absorbants dans le lit et en étageant mieux la combustion.

En revanche ce sont des équipements plus chers en coûts opératoires qui demandent une meilleure maîtrise technique et offre moins de souplesse que les grilles.

E. Essais de combustion

Des essais ont été réalisés sur une chaudière à grille plate mobile de 400 kW. L'objectif était d'évaluer les capacités d'une chaudière prévue pour de la biomasse à valoriser des CSR.

Les conclusions sont que la chaudière à grille peut traiter des CSR mais doit subir un certain nombre d'aménagement comme : un dimensionnement sur mesure du foyer et des injections d'air, un matériel de stockage et de convoyage adapté pour éviter les irrégularités d'alimentation et enfin des traitements de fumées adéquats pour capter notamment les acides, les métaux lourds et abattre les NOx.

F. Ebauche de nomenclature

Les différents travaux réalisés ont conduit au projet de nomenclature suivant :

Catégorie	1	2	3
PCi (brut) MJ/kg	>20	16-20	12-16
	Se rapproche des charbons	Comme une biomasse de bonne qualité	Comme une biomasse de qualité moindre
Taux de cendres (% sec)	<15	15-30	>30
	Limite chaudière à grille		S'apparente à des OM sans préparation
Taux d'azote (% sec)	<0,5	0,5-1,5	>1,5
	Ne nécessite probablement pas de DÉNOX	DÉNOx type SNCR	DÉNOx type SCR (également valeur moyenne des charbons)
Taux de chlore et soufre (% sec)	<1	1-2	>2
	Comme une biomasse type paille ou certains charbons		Comme certains fiouls lourds
Densité apparente (kg/m ³)	<300	100-300	<100
	Moins de risques de voûtage		Beaucoup de voûtage + risques de problèmes d'avancement sur les grilles de combustion

La granulométrie est également contrôlée avec 3 catégories : > 100 mm, 30-100 mm et <30 mm. En outre le taux de fines (<100 µm) ne doit pas dépassé 2 % en masse.