



Ministère fédéral de la
Coopération économique
et du Développement



Développeurs d'avenir
Soyons créateurs d'avenir
Ensemble



En coopération avec



ThyssenKrupp



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Procédure de prise de décisions pour l'introduction et l'application d'un système de gestion permettant de garantir la rentabilité de la production de combustibles secondaires de substitution

„waste-to-energy“

(conversion des déchets en énergie)

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

Michael E. L. Stock

Conseiller Technique Senior

Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement au Maroc

AV SMQ-AF



Sommaire

1 Bases

- 1.1 Besoins quantitatifs en RDF compte tenu des conditions de production de clinker en co-processing
- 1.2 Profil des exigences à satisfaire par les RDF de qualité garantie obtenus à partir de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

- 2.1 Chaîne de valorisation du secteur informel
- 2.2 Composition et caractéristiques des fractions de déchets ménagers à haut pouvoir calorifique
- 2.3 Profil quantitatif pour la couverture des besoins en RDF

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

- 3.1 Profil des exigences à satisfaire par le procédé de production de RDF de qualité garantie
- 3.2 Étapes des opérations du traitement des déchets en RDF
- 3.3 Bilan du flux des matières
- 3.4 Conception des installations

4 Résumé



1 Bases

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

Source des valeurs spécifiques:

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

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

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

Besoins en énergie	3,35	[Mj/kg clinker]
Production annuelle de clinker	1 x 10 ⁶	[t/a clinker]
Besoin total en énergie	3,35 x 10 ⁹	[Mj/a]

Déduction des besoins en combustibles pour le scénario n° 3

Type de combustible	[%]	Coke de pétrole: 65	Pneus usés: 20	RDF: 15
Besoins en énergie	[Mj/a]	2,1775 x 10 ⁹	0,6700 x 10 ⁹	0,5025 x 10 ⁹
Pouvoir calorifique net	[kj/kg]	33 290	30 140	21 543
Besoins en combustible	[t/a]	65 410	22 000	23 300



1 Bases

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

Principe

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

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

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

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

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



1 Bases

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

Valeurs de référence

en fonction de la teneur en MS, d'un pouvoir calorifique > 20 MJ/t, d'une granulométrie < 100 mm, et d'une teneur en eau <10 - 15 % et en chlore < 1 %

Règles applicables aux mesures selon DIN EN ISO, telles qu'indiquées par exemple dans les bordereaux de suivi

Polluant		Valeur moyenne [mg/Mj]
Arsenic	As	0,310
Plomb	Pb	12,000
Cadmium	Cd	0,250
Chrome	Cr	7,800
Cobalt	Co	0,380
Nickel	Ni	5,000
Mercure	Hg	0,038
Thallium	Tl	0,036



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2.0 Origine des fractions de déchets

Situation de la gestion des déchets au Maroc

À ce jour, le Programme de gestion et de protection de l'environnement (PGPE) encadre le développement de la gestion des déchets au Maroc depuis une bonne décennie. Néanmoins, malgré la mise en vigueur de différents dispositifs infralégaux dans le but d'assurer la transposition opérationnelle de la loi sur les déchets, il n'existe encore aucun changement sensible de la situation en ce qui concerne la valorisation et même le recyclage des fractions de déchets potentiellement valorisables produites par le commerce, l'artisanat et l'industrie. Actuellement, les seuls volumes ou fractions de déchets qui font l'objet d'un traitement plus ou moins organisé et qui, partant, peuvent être répertoriés proviennent des déchets ménagers.

Bien que les matières plastiques récupérées sur les décharges soient en partie commercialisées par le secteur informel, il est important de noter que, par manque de connaissances sur les différents types de plastiques et sur leurs différentes qualités, les récupérateurs informels se limitent principalement à ramasser des fragments plus ou moins larges, en particulier des films plastiques, qu'ils vendent ensuite à des grossistes en passant par des intermédiaires. Or, en dehors des décharges de déchets ménagers, il existe des sources intéressantes qu'il conviendrait d'exploiter dans le cadre du recyclage ou de la valorisation des plastiques. Dans le secteur agricole, il existe ainsi un volume important de films plastiques disponibles.

À l'heure actuelle, faute de services systémiques développés permettant la saisie, le traitement et la valorisation (matière et énergétique) des déchets spécifiques du secteur productif, et par conséquent en l'absence de toute base de données y afférentes, il n'est pas encore possible de tenir compte de ce potentiel lors de la prise de décisions visant à promouvoir et à structurer le développement d'un marché des combustibles secondaires de substitution.



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2.1 Chaîne de valorisation du secteur informel

Analyse de l'impact sur la pauvreté (AIP)

Pour mieux définir les activités commerciales pratiquées par les récupérateurs, une enquête, s'appuyant sur les éléments d'une analyse de l'impact sur la pauvreté, a été effectuée sur trois sites de décharge:

Agadir, Marrakech et Rabat.

[Source:

Analyse préalable de l'impact sur la pauvreté (AIP),
Abdelfattah SABBAR, Rabat - Juin 2013]

L'analyse met en évidence un point commun dans tous les cas considérés, à savoir que les matières récupérées sur les décharges sont pour l'essentiel du papier et carton, du verre, du fer, de l'aluminium et des plastiques. En fonction du modèle pratiqué sur place, ces matières sont ensuite vendues pour leur propre compte par des récupérateurs ou par des éboueurs employés auprès des services communaux à des intermédiaires qui se chargent de les commercialiser.

L'exemple de la décharge d'Agadir (volume annuel de déchets ménagers entre 135.000 et 157.600 t/a) montre que le volume des matières plastiques commercialisées sur le marché informel est compris entre **7.900 et 9.500 t/a - constituées pour l'essentiel de films plastiques.**



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

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

Composition des déchets ménagers

Au cours de deux campagnes, il a été possible de déterminer le volume des déchets ménagers et déchets assimilés (ci-après les «DMA») en provenance de différentes zones de collecte de la ville de Témara (centre de transfert), après triage en fractions précises. La fraction présentant un haut pouvoir calorifique a ensuite été scindée en fonction de la nature des différentes matières plastiques qu'elle contenait.

[Source: Etude de Caractérisation des Déchets Ménagers du Centre de Transfert de Témara en vue d'une valorisation énergétique, Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (ENIM), Rabat - octobre 2013]

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

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

[Observations de ThyssenKrupp Polysius, Neu- Beckum - 27.03.2014].



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2.2 Composition et caractéristiques des fractions de déchets ménagers

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

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



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2.3 Profil quantitatif pour la couverture des besoins en RDF

Perspectives du projet pilote

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

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

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

Bilan pour Beni Mellal

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

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

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

Meilleur cas: 25 % x 49.275 t/a = 12.250 t/a

Matières plastiques seulement
avec couches bébés (8 %),
bois (1 %), divers /1 %), Tetrapack (2 %),
textile (5 % = antimoine ?),
Les bouteilles PE devraient être recyclé



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2.3 Profil quantitatif pour la couverture des besoins en RDF

Potentiels du marché

Déchets ménagers Dans une région d'approvisionnement potentiel s'étendant sur moins de 150 km autour des sites de production de Cimat, le volume de DMA actuellement éliminés s'élève à environ 760.000 t/a. Dans le «cas le plus défavorable», cela permettrait d'obtenir environ **76.000 t/a de fractions à haut pouvoir calorifique.**

Déchets industriels Une expertise de la gestion des déchets de la commune de Fkih Ben Saleh (env. 22 000 t/a de DMA) constate une teneur relativement forte en plastiques de ces DMA, soit env. 1/3; avec une coupe de criblage de 80 mm dans la station de traitement à l'amont de la nouvelle décharge prévue, l'expertise conclut qu'un volume significatif pourrait être collecté au sein de l'industrie régionale, à savoir: **7.000 t/a.**

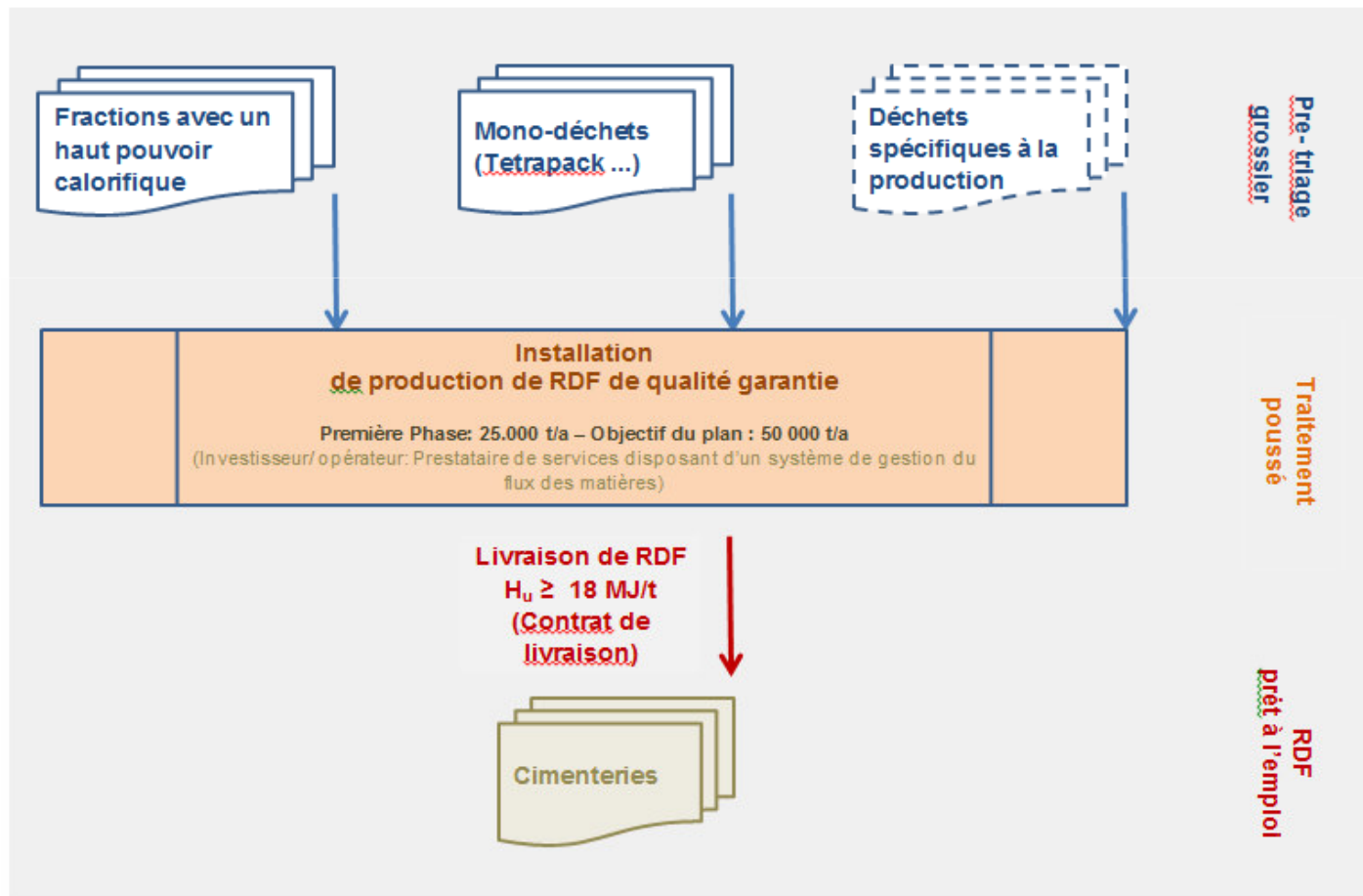
Secteur informel Une enquête sur les activités commerciales de ce secteur montre (sur la base de l'exemple de la décharge d'Agadir e.a.) qu'au niveau régional, les récupérateurs pourraient tout à fait contribuer à la fourniture d'une part intéressante de déchets pour le marché CSS: **7.900 à 9.500 t/a.**



2 Sources de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

2.3 Profil quantitatif pour la couverture des besoins en RDF

Management de flux de matière





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

3.1 Profil des exigences à satisfaire par le procédé de production de RDF de qualité garantie

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

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

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

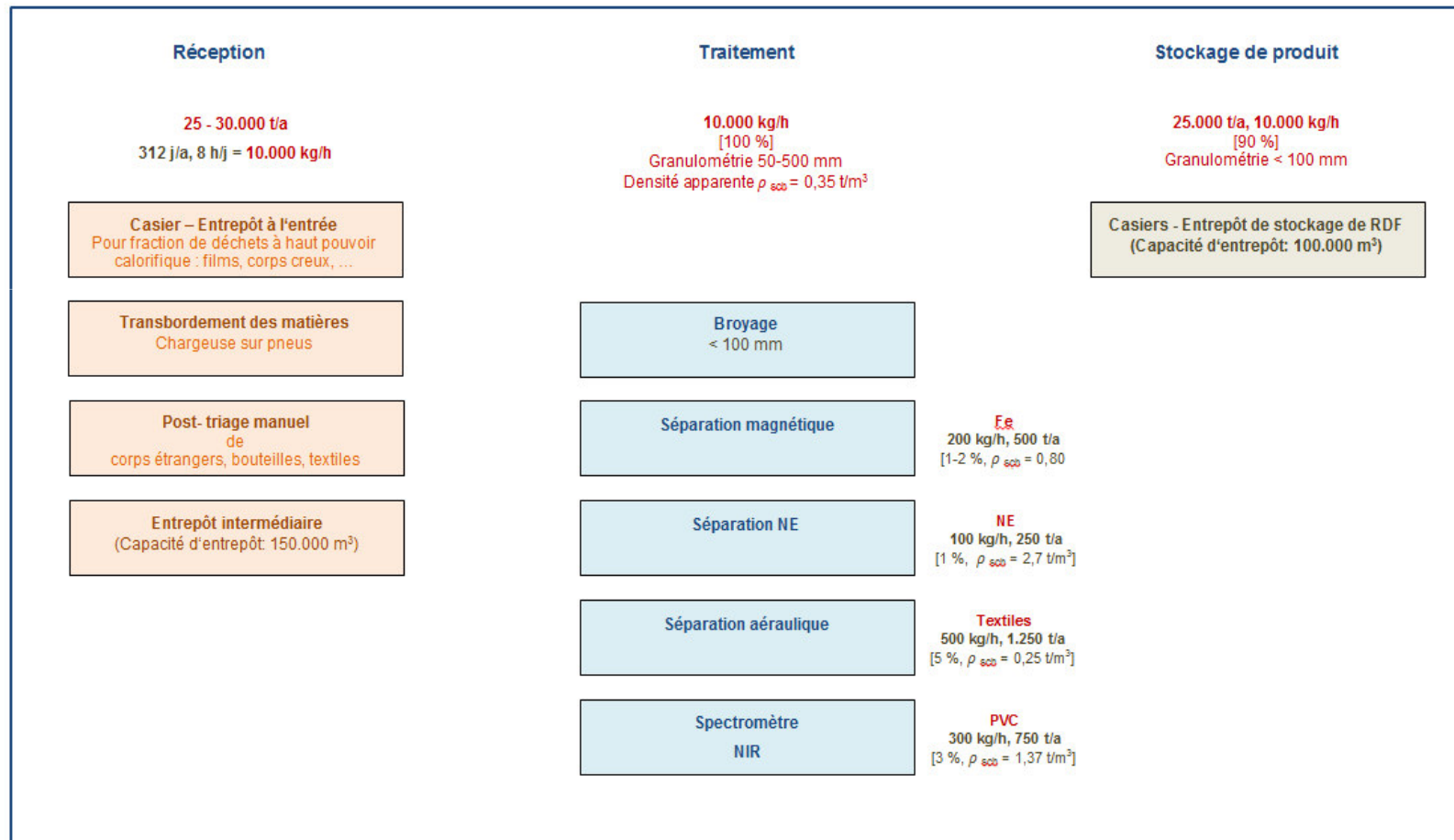
La mise en œuvre de **fractions de DMA à haut pouvoir calorifique** requiert l'application de procédés de séparation sélective et de réduction de certains polluants. Ces procédés doivent permettre en tout sécurité permettre de maintenir en dessous des valeurs de référence adoptées le taux des polluants suivants: chlorures, antimoine

La **collecte sélective de fractions de déchets appropriées** ou leur triage préliminaire contribuera à limiter dans une marge proportionnée les moyens mis en œuvre pour la production de combustibles secondaires de substitution de qualité garantie.



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

Diagramme de flux de procédé





4 Résumé

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