



G.I.E PROCEDIS
Parc Technologique ALATA – BP 2
60550 – Verneuil en Halatte

ETUDE ADEME / PROCEDIS

PYROLYSE – GAZEIFICATION DE DECHETS SOLIDES

Partie 1 : Etat de l'art des procédés existants

Faisabilité de traitement d'un déchet par Pyrolyse ou Gazéification

Version V.0. Juin 2004

Nom du prestataire : PROCEDIS

Nom de l'unité ayant effectué les travaux : PROCEDIS

Adresse de l'unité : Parc technologique
ALATA – B.P. 2 – 60 550 Verneuil-en-Halatte

Responsable des travaux : Gérard ANTONINI

Date de publication : Juin 2004

Tel : 03 44 64 12 46

Auteurs : Gérard ANTONINI
Mourad HAZI

N° de contrat ADEME : 01 72 045

Date du contrat : 07 décembre 2001

Confidentialité : non

Titre : Pyrolyse - Gazéification de déchets solides.

Title : Solid waste pyrolysis - gasification.

Mots clés : Pyrolyse, gazéification, déchets, valorisation énergétique,

Résumé :

Le présent document constitue la première partie d'une étude sur la pyrolyse et la gazéification. Cette première partie établit un état de l'art des différentes technologies disponibles, en pyrolyse (pyrolyse lente, rapide, sous vide, en bain de sel fondu...), ainsi qu'en gazéification. Les technologies mises en œuvre dans les différents procédés (four tournant, four à lit fixe, fluidisé dense, rotatif, circulant...) sont décrites et commentées vis à vis des contraintes imposées par les processus thermochimiques de pyrolyse et de gazéification (vitesse de chauffe, formation de goudrons...). Ces technologies sont associées à différents modes de valorisation de l'énergie contenue dans les déchets, soit par l'élaboration d'un combustible secondaire (cokes de pyrolyse), soit par la mise à disposition d'un gaz pauvre combustible, pouvant être brûlés en postcombustion, ou, après traitement des gaz et si la qualité de ces gaz le permet, alimenter des moteurs thermiques ou des turbines à gaz. L'ensemble des procédés commerciaux correspondants est recensé.

La deuxième partie de cette étude, présentée dans un rapport distinct, est destinée à étudier sous quelles conditions un déchet pouvait être traité par pyrolyse ou gazéification. Pour cela, un banc test destiné à la caractérisation de l'aptitude de différents déchets à la gazéification a été développé. Ce dispositif, contrôlé en niveau de température et d'atmosphère, permet de caractériser la réactivité de différents échantillons en atmosphère enrichie en dioxyde de carbone et particulièrement, en vapeur d'eau. Ainsi, ce dispositif permet l'établissement de cinétiques de gazéification de différents lots échantillons, soit de déchets bruts, soit de coke de pyrolyse (gazéifieur étagé).

Table des matières

I	ETAT DE L'ART.....	5
I.1	Synthèse	6
I.2	Introduction	7
I.2.1	Combustion.....	7
I.2.2	Gazéification.....	7
I.2.3	Pyrolyse	8
I.3	Procédés de pyrolyse.....	10
I.3.1	Pyrolyse lente.....	12
	Procédé de pyrolyse Nesa (Flowsheet)	13
	Procédé Thide	15
	Procédé WGT	17
I.3.2	Pyrolyse rapide.....	18
	Procédé PyRos”	19
	Procédé BTG	21
	Procédé Okadora.....	22
I.3.3	Pyrolyse sous vide.....	23
	Procédé PyroVac	24
I.3.4	Pyrolyse en sel fondu	26
	Procédé Thermolysef	27
I.4	Procédés de gazéification.....	28
I.4.1	Gazéifieurs à lit fixe.....	33
I.4.1.a	Gazéifieur à contre-courant	33
	Gazéifieur Lurgi Dry Bottom	34
	Gazéifieur British-Gas Lurgi (BGL) à lit fixe	36
	Gazéifieur Babcock & Wilcox Volund systems	38
I.4.1.b	Gazéifieur à co-courant	40
	Gazéifieur Nippon Steel (NS).....	41
	Gazéifieur Xylowatt (Belgique).....	43
I.4.2	Gazéifieur à lit fluidisé.....	45
I.4.2.a	Gazéifieur à lit dense	45
	Technologie Biosyn (Enerkem Tech.Inc./Biothermica)	48
	Procédé Carbona.....	50
I.4.2.b	Gazéifieur à lit fluidisé circulant	52
	Gazéifieur Lurgi CFB	53
	Gazéifieur Foster Wheeler	55
	Procédé de gazéification TPS Termiska (Studsvik, Suède).....	57
I.4.2.c	Gazéifieur à lit fluidisé rotatif	59
	Gazéifieur Ebara RFB (Japon).....	60
I.4.3	Gazéifieur à lit entraîné.....	62
	Gazéifieur Shell à lit entraîné	63
	Technologie de gazéification Noell	64
	Technologie Lurgi MPG.....	66
I.4.4	Pyro-Gazéification à deux étages.....	68
	Pyro-Gazéifieur Pit-Pyroflam (Sanifa/Suez)	69
	Procédé Compact Power	70
	Procédé Thermoselect.....	72
	Procédé Carbo V (Choren)	74
	Procédé FICFB - Babcock Borsig.....	76
	Procédé PKA	78
I.5	Avis et recommandations	80
I.6	Fiches procédés	82
I.6.1	Procédés de pyrolyse.....	83
	Procédé BTG	84
	Procédé Mitsui R21	84
	Pyrolyse NESA (Flowsheet)	85
	Procédé OKADORA	86

PEPS	86
Procédé PyRos	87
Procédé Pyro Vac	87
RMD	88
Procédé Thermolysef	89
THIDE	89
Von Roll RCP technology	90
Waste Gen.....	90
Procédé WGT	91
I.6.2 Procédés de gazéification.....	92
AHT Pyrogas Vertriebs GmbH.....	93
Babcock Wilcox Vølund.....	94
B9 Energy Biomass Ltd.....	95
Technologie Biosyn	96
Brightstar Environmental.....	97
Carbona Inc.....	98
Carbo V.....	99
Compact Power Ltd	99
COSMO POWERTECH PVT. LTD.....	100
Cratech.....	100
Easymod Energiesysteme GmbH	101
EBARA (Japon).....	102
ENERGOS / ENER-G Group	103
FERCO	104
FICFB	105
FLS miljø a/s	106
Foster Wheeler Energia Oy.....	107
Grubl.....	108
Krupp Uhde GmbH.....	109
LURGI CFB	110
Lurgi Energie und Umwelt GmbH	111
Martezo.....	112
MTCI (Thermochem Inc)	113
Nippon Steel (NS).....	114
NKK	115
NOELL-KRC Energie- und Umwelttechnik GmbH.....	116
PARCON	117
Pit-Pyroflam (Sanifa/Suez).....	118
PKA	119
PPS Pipeline Systems GmbH	120
PRIMENERGY, Inc	121
Procone Vergasungssysteme GmbH.....	122
Resorption Canada Ltd	123
SOLENA	123
Shell	124
TPS Termiska Processer AB.....	125
Thermoselect	126
TPS Termiska	126
Umwelt- und Energietechnik GmbH	128
VER GmbH	129
Xylowatt	130

Liste des Figures

Figure 1: Schéma de principe du procédé Nesa.....	13
Figure 2: Schéma de principe du procédé Thide	15
Figure 3: Schéma de principe du procédé WGT.....	17
Figure 4: Schéma de principe du procédé PyRos	19
Figure 5: Schéma de principe du procédé BTG.....	21
Figure 6: Schéma de principe du procede Okadora.....	22
Figure 7 : Schéma de principe du procédé PyroVac.....	24
Figure 8 : Schéma de principe du procédé Thermolysef	27
Figure 9 : Les étapes de la gazéification.....	28
Figure 10: Variations des constantes d'équilibre des réactions de gazéification	29
Figure 11: Principe de l'étagement réactionnel en gazéification.....	30
Figure 12: Schéma du gazéifieur Lurgi Dry-Bottom.....	34
Figure 13: Schéma du gazéifieur British-Gas Lurgi (BGL) à lit fixe.....	36
Figure 14: Schéma du gazéifieur Babcock & Wilcock Volund systems.....	38
Figure 15 : Schéma du gazéifieur Nippon Steel	41
Figure 16: Gazéifieur Xylowatt	43
Figure 17: Schéma procédé HTW	46
Figure 18: Schéma procédé Biosyn	48
Figure 19: Schéma procédé Carbona	50
Figure 20: Schéma du Lurgi CFB.....	53
Figure 21: Schéma du procédé FW atmosphérique CFB	55
Figure 22: Schéma du procédé TPS.....	57
Figure 23: Schéma du procédé EBARA	60
Figure 24: Schéma du gazéifieur Shell	63
Figure 25: Schéma du procédé Noell.....	64
Figure 26: Schéma du gazéifieur Lurgi MPG.....	66
Figure 27: Schéma du gazéifieur du Procédé Pit-Pyroflam.....	69
Figure 28: Schéma descriptif du procédé Compact Power.....	70
Figure 29: Schéma procédé Thermoselect.....	72
Figure 30: Schéma du procédé Carbo V	74
Figure 31: Schéma du procédé FICFB	76

I ETAT DE L'ART

Avertissement :

Les auteurs de cette étude ont tenté une revue exhaustive de l'ensemble des procédés de pyrolyse et de gazéification. Le fait d'être mentionné dans la présente étude ne saurait impliquer un quelconque avis de l'ADEME sur la qualité, la fiabilité ou le niveau de performance des procédés mentionnés. Les données fournies sont pour une large part issues des promoteurs de ces procédés, sans qu'elles aient pu être vérifiées par l'ADEME ou les auteurs de l'étude.

Les informations fournies dans cette étude sur les différents procédés l'ont été au mieux des connaissances des auteurs. Ni l'ADEME, ni les auteurs de la présente étude ne sauraient être tenus pour responsables d'erreurs, d'imprécisions, ou de manques dans les informations fournies, ni responsables des conséquences qui pourraient résulter de l'utilisation des informations qui y sont fournies.

Toute personne ayant des informations sur un procédé qui ne figurent pas dans cet inventaire, des corrections ou des compléments, etc. sur des procédés présentés dans ce document, est invitée à les transmettre à l'adresse mail : « andre.kunegel@ademe.fr » en précisant dans l'objet du mail : « Etat de l'art Pyrolyse-Gazéification ». Nous lui témoignons, par avance, notre gratitude.

I.1 Synthèse

Le traitement thermique des déchets industriels ou ménagers, par des procédés d'incinération conventionnelle, jouit actuellement d'une mauvaise acceptabilité du public.

Les voies alternatives que constituent la pyrolyse et la gazéification, actuellement en cours de développement, sont décrites dans le présent document.

L'objectif de ce travail est d'établir une revue des différents procédés et technologies concernées. De plus, le stade de développement (pilote ou industriel) est précisé pour chaque procédé. Les contacts et les références des différents constructeurs sont également fournis.

Les procédés de pyrolyse sont basés sur des processus de décomposition thermo-chimiques des déchets par réaction endothermique, en atmosphère réductrice. Dans les procédés étudiés, l'apport de chaleur nécessaire à la pyrolyse est fourni, soit par chauffage indirect, à partir d'une source de chaleur extérieure, soit, par apport interne, par combustion d'une partie de la charge. Les produits de la décomposition sont à la fois des gaz et des solides (coke de pyrolyse), en proportions dépendantes du niveau de température de traitement, et du temps de séjour du solide dans le procédé. Ainsi, les procédés en pyrolyse rapide, à haute température, favorisent la formation de gaz, en minimisant la production de coke. Au contraire, en pyrolyse lente, à moyenne température, c'est la production de coke qui est favorisée, le gaz produit étant brûlé séparément pour réaliser l'apport endothermique de la réaction. Le coke produit, dans ces procédés, est assimilé, par ses promoteurs, à un combustible secondaire. Cependant, selon la composition des déchets traités, les questions posées par le devenir des cokes issus de ce type de procédé sont de nature à limiter le recours à ce mode de traitement thermique, ceux-ci étant souvent des combustibles secondaires très cendreux et chargés en polluants (Soufre, Chlore, Métaux Lourds...), initialement présents dans le déchet. Ainsi, une épuration poussée des cokes produits est presque toujours nécessaire en vue de leur utilisation en tant que combustible secondaire. Cette épuration qui, dans certains cas, reste d'une efficacité limitée, est de nature à réduire l'intérêt de coke en tant que combustible secondaire.

Une voie alternative à la pyrolyse est la gazéification, dans laquelle les résidus carbonés du traitement thermique sont convertis en gaz combustibles, par réactions thermo-chimiques avec un agent de gazéification (air/vapeur d'eau ou oxygène/vapeur d'eau), le résidu solide n'étant alors constitué que des fractions minérales du déchet entrant. Dans les différents procédés de gazéification étudiés, le gaz produit peut être valorisé pour la synthèse d'intermédiaires chimiques (méthanol...) dans le cas d'utilisation de gazéificateurs sous pression. En ce qui concerne le traitement des déchets, ce gaz combustible peut, si ses caractéristiques le permettent, être plus volontiers destiné à l'alimentation de moteurs thermiques ou, après épuration poussée, à l'alimentation de turbines à gaz, pour la production d'électricité. Les rendements de conversion élevés obtenus, dans ces conditions, justifient, au plan économique, cette démarche, le rapport CO₂/kWh produit étant, par ailleurs, minimisé. Cependant, les ensembles gazéificateur/turbine à gaz sont actuellement difficilement applicables comme alternative immédiate à l'incinération, du fait de verrous technologiques divers (épuration des gaz à haute température, corrosion, érosion...).

Le développement de technologies intermédiaires, à savoir les procédés de pyro-gazéification intégrés, s'avère être d'application immédiate, offrant une réelle alternative à l'incinération conventionnelle des déchets. Leur étagement, permet une réduction significative (~20%) du facteur d'air global des installations, et ce, par rapport à l'incinération, tout en autorisant une

récupération énergétique par des ensembles chaudière/turbine conventionnels, utilisés en cycles combinés.

I.2 Introduction

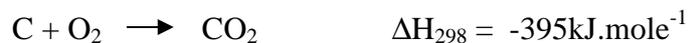
La destruction thermique des déchets, avec valorisation de leur contenu énergétique, peut être réalisée de trois façons distinctes.

Chaque type de déchet est caractérisé par son analyse élémentaire et/ou son analyse immédiate, donnant son taux de carbone fixe, de matières volatiles, d'humidité, d'inertes et donc son pouvoir calorifique (kJ/kg).

Si on chauffe un déchet, l'eau incluse est tout d'abord vaporisée à 100°C (séchage) puis, les matières volatiles « distillent » dès 200-300°C, en phase gaz. Ces matières volatiles sont essentiellement des hydrocarbures gazeux.

I.2.1 Combustion

Si l'atmosphère de traitement est oxydante c'est-à-dire, riche en oxygène, ces matières volatiles gazeuses s'enflamment, après un délai désigné par délai d'inflammation. La chaleur produite par la combustion rapide, du mélange air – gaz volatils permet alors de démarrer un processus de combustion à partir de la surface du carbone fixe résiduel. On a alors affaire à un processus d'oxydation hétérogène de type :



globalement exothermique. L'ensemble de l'énergie calorifique produit, à haute température ($T = 900-1000^\circ\text{C}$) entraîne alors les réactions de dégazage et de combustion de l'ensemble de la masse du déchet, la limitation à l'oxydation totale étant liée au taux de division (surface spécifique) du déchet, à son taux d'aération forcé (excès d'air) et au temps de séjour du déchet dans le foyer.

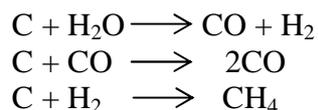
Les produits de ces réactions sont des inertes (mâchefers et cendres) et des gaz chauds incombustibles.

La récupération d'énergie calorifique est effectuée par refroidissement des fumées à l'aide d'une chaudière permettant la production de vapeur d'eau pressurisée et surchauffée pour une conversion chaleur/force.

Les polluants inclus dans les déchets étant majoritairement émis en phase gaz, du fait des températures élevées des foyers de combustion, les fumées refroidies doivent être épurées avant leur rejet à l'atmosphère.

I.2.2 Gazéification

Si on chauffe le déchet, lorsque l'atmosphère de traitement est en défaut d'air et enrichie en vapeur d'eau et dioxyde de carbone (agents réactionnels), les matières volatiles émises ne subiront pas de processus de combustion. Le carbone fixe se mettra à réagir avec la vapeur d'eau et le CO_2 , à des températures de 850-900°C, dans des réactions endothermiques de transformation thermo-chimiques, dites de gazéification, de type :



Les deux premières réactions sont favorisées à haute température (850-900°C) et basse pression (~ 1 bar), tandis que la dernière est favorisée à basse température (700°C) et haute pression (10-20 bars).

Ces réactions sont endothermiques, l'apport d'énergie nécessaire est en général réalisé en brûlant une faible partie de la charge, soit à l'air, soit à l'oxygène, conduisant ainsi, en fonction du ballast azote introduit, à la génération de gaz pauvres (< 8MJ/Nm³) ou semi-riches (8-18MJ/ Nm³), à comparer au gaz naturel (35 MJ/Nm³).

Le mélange gazeux produit peut être récupéré, éventuellement cracké thermiquement pour en supprimer les hydrocarbures lourds (goudrons), puis épuré et refroidi (chaudière de récupération) pour alimenter un moteur à gaz ou une turbine à gaz, sous réserve que les caractéristiques du gaz après épuration soit suffisante.

A haute pression, et avec un enrichissement à l'hydrogène, on produira essentiellement du CH₄, gaz riche, utilisable en synthèse chimique (hydrogazéification).

Dans cette opération, le carbone fixe a été entièrement épuisé et le résidu solide produit est inerte.

I.2.3 Pyrolyse

Si on chauffe le même déchet en l'absence d'oxygène, seule la première étape du processus décrit précédemment aura lieu et on aura affaire à une simple décomposition thermique du déchet, en l'absence de processus réactionnels, soit d'oxydation, soit de gazéification. On parle alors de pyrolyse du déchet dont les produits sont un mélange de gaz légers incondensables, d'hydrocarbures lourds (tar) et de coke (carbone fixe et d'inertes résiduels), leur proportion relative dépendant des conditions de traitement. Si ce déchet est chauffé lentement et/ou à basse température, la production de coke sera favorisée. A l'inverse, si on chauffe rapidement et/ou à haute température la production de gaz sera favorisée. Cela tient au fait qu'un chauffage rapide, à haute température, diminue la probabilité de réactions secondaires de re-combinaison des hydrocarbures légers en hydrocarbures plus lourds.

Ainsi, en pyrolyse lente (dizaine de minutes) à basse température (400-500°C), le produit de la réaction de décomposition sera majoritairement solide (coke) et on pourra rebrûler les gaz de pyrolyse (goudrons et gaz) pour fournir l'énergie calorifique nécessaire à la décomposition du déchet.

Le coke produit peut être considéré comme un combustible secondaire cendreux si celui-ci n'est pas trop chargé en éléments polluants. En effet, les polluants du déchet restent majoritairement dans le coke du fait des basses températures de traitement. Le coke produit permet, dans ce cas, après les opérations de lavage/décendrage, une gestion globale de la destruction thermique d'un déchet avec stockage/transport intermédiaire du coke avant sa combustion ultérieure. Le coke produit peut également être gazéifié dans un dispositif séparé, après épuration. En fonction de la nature et de la quantité de polluants dans les déchets traités,

le coke peut s'avérer très difficile à épurer, et de ce fait, difficile à valoriser en tant que combustible secondaire.

Au contraire, en pyrolyse rapide (quelques secondes) à haute température (600-900°C) le produit majoritaire formé est un gaz combustible. Le coke produit pourra alors être brûlé pour fournir l'apport endothermique nécessaire à la pyrolyse. On parle alors de pyro-gazéification.

Dans les deux cas le mélange gazeux produit peut être craqué thermiquement pour produire un gaz exempt de fraction condensable (goudrons) directement utilisable, après épuration, en moteur à gaz et/ou en turbine à gaz.

Que ce soit en incinération, en gazéification ou en pyro-gazéification la valorisation complète du contenu énergétique d'un déchet libère la même quantité de CO₂ à l'atmosphère, via soit une combustion directe (incinération), une combustion séparée des gaz et du coke (pyrolyse), soit une combustion interne en moteur ou turbine du gaz produit (gazéification).

C'est en quoi la gazéification apparaît comme une réelle alternative à l'incinération est que le rendement de conversion d'un ensemble gazéification/turbine à gaz est toujours bien meilleur que celui d'un ensemble incinération/chaudière/turbine à vapeur. Ceci permet de diminuer le rapport CO₂/kWh produit, contribuant ainsi à installer les nouvelles filières de destruction thermique des déchets dans le cadre d'un développement durable.

I.3 Procédés de pyrolyse

Deux types de pyrolyse peuvent être rencontrés :

- La pyrolyse lente basse température
- La pyrolyse rapide haute température

La pyrolyse lente est une décomposition thermique des déchets, en absence ou défaut d'oxygène, à une température de l'ordre de 400 à 500 °C. En général, les déchets doivent être broyés avant traitement.

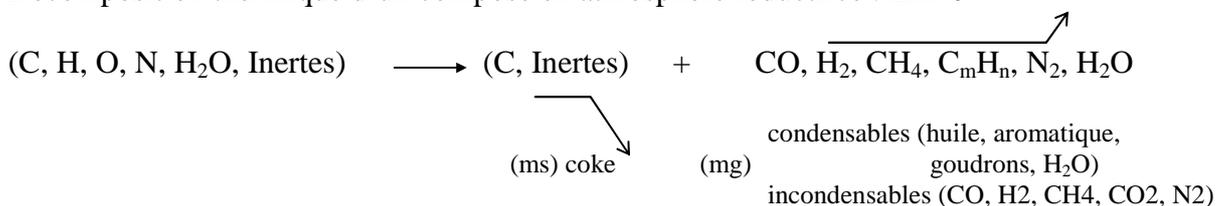
La pyrolyse produit :

- un gaz combustible (typiquement 570 kg par tonne de déchets traités sur sec), composé d'un mélange complexe d'incondensables tels que hydrogène, monoxyde de carbone, méthane etc. (380 kg par tonne), et d'hydrocarbures lourds ou goudrons (190 kg par tonne de déchets traités),
- un solide appelé « coke » ou « charbon » (430 kg par tonne de déchets traités),

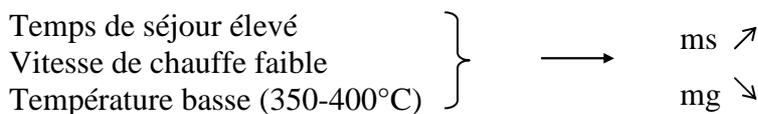
Les proportions entre les différents éléments, leur composition respective, la présence des métaux, du soufre, du chlore, dépendent de la nature des déchets traités et des conditions de réaction (température, pression, durée...).

On peut résumer la définition de ce traitement de pyrolyse comme suit :

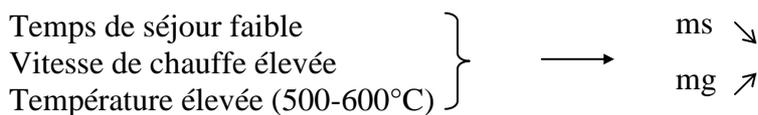
Décomposition thermique d'un composé en atmosphère réductrice : $\Delta H > 0$



Pyrolyse lente :



Dans le cas de la pyrolyse rapide, on a :



Dans ce cas, la fraction de gaz passe typiquement à 840 kg/t (730 kg/t d'hydrocarbures lourds, 110 kg/t de gaz incondensables) et la production de coke passe à 160 kg/t

L'apport calorifique nécessaire à la réaction endothermique de pyrolyse, peut être réalisé :

- par chauffage indirect, à partir d'une source externe. Ce type d'apport calorifique peut être réalisé par combustion des gaz produits ou par combustion du coke. Dans quelques cas particuliers, l'apport calorifique peut être réalisé en utilisant un thermophore liquide (sels fondus).
- par chauffage interne, par combustion d'une fraction de la charge. Ce mode de chauffage peut être réalisé par étagement du procédé, les gaz produits partiellement oxydés en sortie de dispositif, permettant de chauffer à contre-courant la charge entrante. L'utilisation de gaz chauds réducteurs pour l'apport calorifique, peut être réalisé par plasma.
- par utilisation d'un média caloporteur intermédiaire (sable, billes...), se réchauffant en boucle externe, puis cédant son énergie calorifique à la charge à traiter.

La pyrolyse peut être réalisée sous pression réduite : pyrolyse sous vide.

I.3.1 Pyrolyse lente

Procédé de pyrolyse Nesa (Flowsheet)

Type : Procédé de pyrolyse lente.

Principe:

Ce procédé de pyrolyse est basé sur un réacteur de Pyrolyse à étages multiples. Dans le réacteur, les produits à traiter circulent d'étage en étage, de haut en bas, tandis que les gaz circulent généralement à contre-courant. Sur les étages supérieurs, la matière est séchée par l'action des gaz provenant des zones inférieures. Dans cette zone, la température des gaz diminue par transfert de leur chaleur sensible aux produits à traiter. Après avoir été séchés, les produits sont ensuite chauffés sous atmosphère pauvre en oxygène. Dans ces conditions, les matières organiques sont volatilisées pour produire un gaz combustible.

La chaleur nécessaire au procédé est produite par la combustion de tout ou d'une partie des matières volatilisées et éventuellement d'un combustible d'appoint. Après l'étape de pyrolyse, les produits ne contiennent plus que des matières minérales et du carbone fixe.

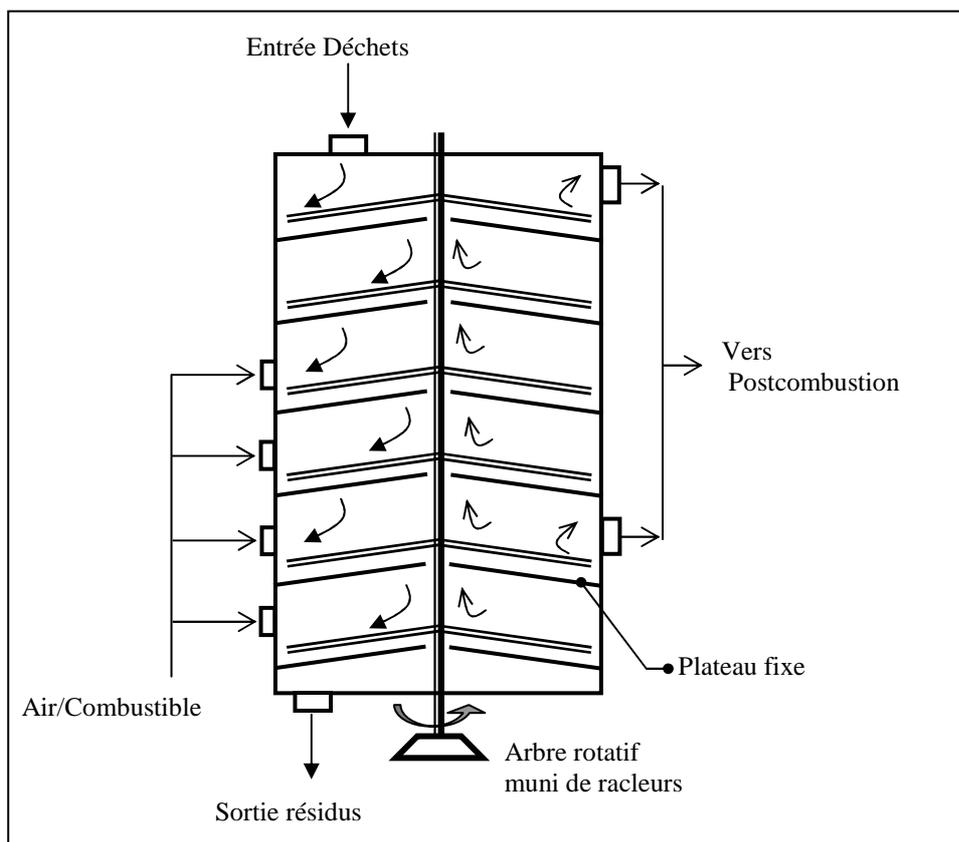


Figure 1: Schéma de principe du procédé Nesa

La combustion du carbone fixe est réalisée dans les étages inférieurs du réacteur et requiert un excès d'air. Une partie des gaz provenant de la combustion du carbone fixe remonte vers les zones supérieures, alors que l'autre partie est soutirée et renvoyée directement à la chambre de postcombustion avec les gaz aspirés du sommet du pyrolyseur.

Le procédé de pyrolyse, suivie de la combustion du carbone fixe résiduel permet la séparation des solides et des gaz. Les gaz sont intimement mélangés à l'air par leur admission tangentielle dans la chambre de postcombustion conçue pour assurer l'oxydation complète des matières volatiles à une température supérieure à 850°C et répondre aux normes légales.

Produits traités

Déchets industriels solides, boues de station d'épuration

Réalisations

- Boues de papeterie: Papeterie Zanders à Berglich Gladbach (pyrolyse suivie d'une combustion du carbone fixe)

L'usine dispose de 2 unités de traitement, la première a été construite en 1980 traitant 4 000 kg/h de boues à 34% de matières sèches, des solvants résiduels et des déchets de papier et de bois, la deuxième a été construite fin 1990 pour le traitement de 5 500 kg/h de boues industrielles et de 360 kg/h d'eau contenant des solvants. Cette dernière unité de pyrolyse est constituée d'un four de pyrolyse à étages de 5,7 m de diamètre extérieur, d'une chambre de postcombustion séparée opérant à 900°C, d'un échangeur de chaleur air/fumées (pour préchauffer de l'air à 500°C), d'une chaudière à tubes d'eau permettant une production de 5 tonnes de vapeur à 16 bars, d'un saturateur suivi d'une tour de neutralisation, d'un ventilateur de tirage et d'une cheminée.

- Boues de Step : Installation de CIBA GEIGY à Monthey

Cette installation est constituée d'un four de 3,9 m de diamètre extérieur à sept étages, une chambre de postcombustion opérant à 900°C, un échangeur air-fumées et une chaudière de production d'eau chaude alimentant un sécheur.

L'installation permet 2 modes d'alimentation soit :

- directe depuis la centripresse,
- depuis le sécheur.

- Boues de Rectification

Près de Dôle, l'usine de Rochefort-sur-Nenon (Jura) des Ciments d'Origny, a associé à son procédé cimentier la pyrolyse des boues de rectification. Les carrières de Rochefort-sur-Nenon ne recèlent pas assez de fer. En effet, le fer agit comme fondant dans la fabrication du clinker. Pour palier à cette déficience en fer, la solution généralement envisagée est le recours à des matières premières ferreuses.

Certains déchets riches en fer peuvent également être utilisés. Les boues de rectification contiennent de 1 à 60 % de fluides de coupe (hydrocarbures). Elles sont introduites en haut du four à étages disposé en arrière du brûleur principal du four. Les gaz de pyrolyse injectés directement dans le four participent pour quelques pourcents à l'apport d'énergie.

Procédé Thide

Type : Procédé de pyrolyse lente

Principe :

La pyrolyse Thide comporte quatre étapes principales :

1. La préparation des déchets
2. La phase de pyrolyse
3. Traitement des solides carbonés.
4. Valorisation énergétique

Le réacteur est un cylindre rotatif équipé d'une double enveloppe fixe en acier réfractaire dans laquelle circulent des fumées chaudes. L'intérieur du cylindre est ainsi porté à une température voisine de 500°C. Au cours de leur progression dans ce cylindre chaud, les déchets subissent une dégradation thermique qui conduit à la formation du gaz de pyrolyse et des solides carbonés. Le gaz, constitué de gaz légers non-condensables, de vapeurs lourdes type goudrons et de vapeur d'eau, est extrait du four en continu, dépoussiéré puis dirigé vers une chambre de combustion dans laquelle il est brûlé et produit les fumées chaudes (1100 °C) utilisées pour le chauffage du four.

Ce procédé a été développé pour traiter les moyennes capacités (20 à 60 000 tonnes/an).

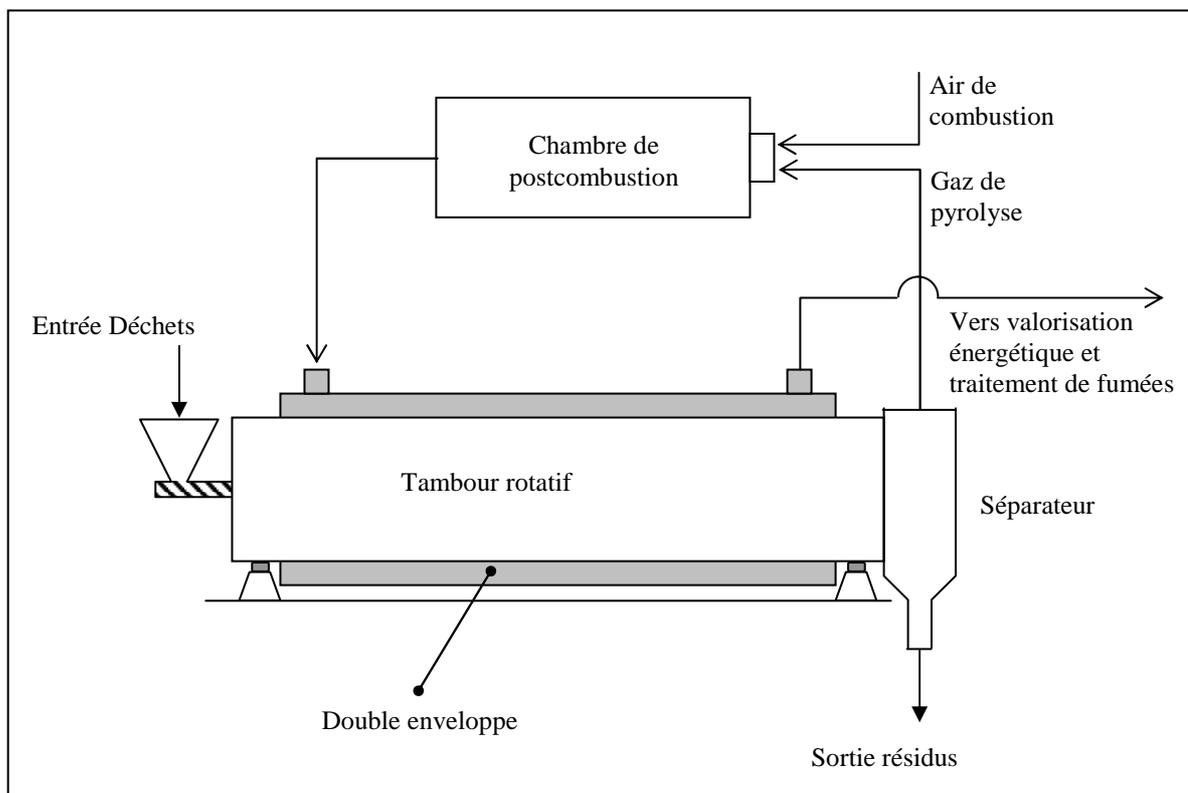


Figure 2: Schéma de principe du procédé Thide

Produits traités

Déchets ménagers, DIB, RBA, Déchets de papier, Boues de stations d'épuration.

Réalisations :

- Usine de Nakaminoto

La première installation d'une tonne/heure a été construite à Nakaminoto par Hitachi qui a acquis en 1997 la licence pour le Japon du procédé Thide.

Nakaminoto a démarré en avril 1999. Hitachi a par ailleurs, enregistré deux commandes de collectivités locales.

Principales caractéristiques de l'usine :

- Capacité nominale 1 t/h déchets bruts entrée sécheur
- Spécification des déchets : de 30 à 55% d'humidité, PCI ~2000 Kcal/kg
- Construction « out-door » en bord de mer et sur un site très compact.

- Usine d'Arthelyse

Arthelyse est le nom de la future usine de thermolyse de la Communauté Urbaine d'Arras (62).

Principales caractéristiques de l'usine :

- Capacité annuelle théorique de traitement de 50.000 tonnes
- Deux lignes de fours pour une exploitation facilitée
- Début des travaux en septembre 2002
- Démarrage industriel à partir de 2004
- Déchets traités : les ordures ménagères, les déchets de l'artisanat et du petit commerce et les boues de la station d'épuration.

Procédé WGT

Type : Pyrolyse lente à haute température

Principe :

Le procédé de pyrolyse WGT est basé sur une technique de pyrolyse lente. Les matériaux d'alimentation sont soumis à une température élevée dans un environnement en défaut d'oxygène. Avant introduction de matière à traiter, le réacteur est purgé à l'aide d'un gaz inerte, tel que l'azote. L'alimentation est faite dans un tambour rotatif cylindrique horizontal chauffé en double enveloppe à une température variant entre 750°C et 850 °C.

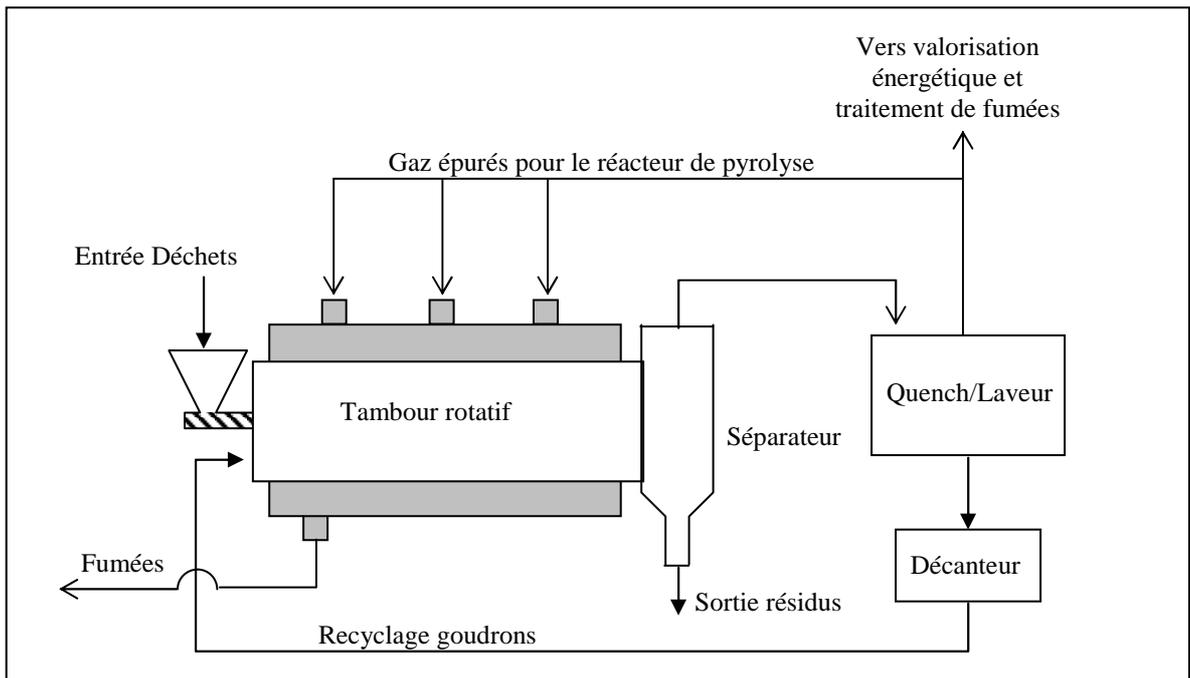


Figure 3: Schéma de principe du procédé WGT

Les gaz produits sont séparés des cendres restantes dans un cyclone chaud monté en sortie du réacteur. Le gaz produit chaud est refroidi avant le traitement dans un système classique de traitement de gaz.

La qualité du gaz produit et épuré convient pour les combustibles type RDF, à l'alimentation directe d'un moteur pour la génération de courant électrique (pilote de 55 kW). Le gaz produit peut également alimenter une chaudière.

Produits traités :

Biomasse, O.M., RDF, boues de station d'épuration, déchets plastiques, déchets animaux

Réalisations

Unité de démonstration semi-commerciale, installée en Novembre 1998 au Pays de Galles, pour le traitement des boues d'une capacité de 500 kg/h, DTI/ETSU.

Pour la France, la société Stereau a acquis une licence du procédé, avec une application en cours de réalisation, sur les résidus chromés de tanneries.

I.3.2 Pyrolyse rapide

Procédé PyRos

Type : Procédé de pyrolyse rapide

Principe :

Le procédé PyRos est un procédé de pyrolyse basé sur un réacteur de pyrolyse cyclonique avec une filtration à chaud des gaz (séparateur de particules rotatif).

Un transport pneumatique (gaz inerte) assure l'introduction des particules dans le réacteur. La force centrifuge projette les particules à la périphérie du cyclone où le phénomène de pyrolyse a lieu. Les gaz produits sont évacués par le centre du cyclone à travers le filtre tournant.

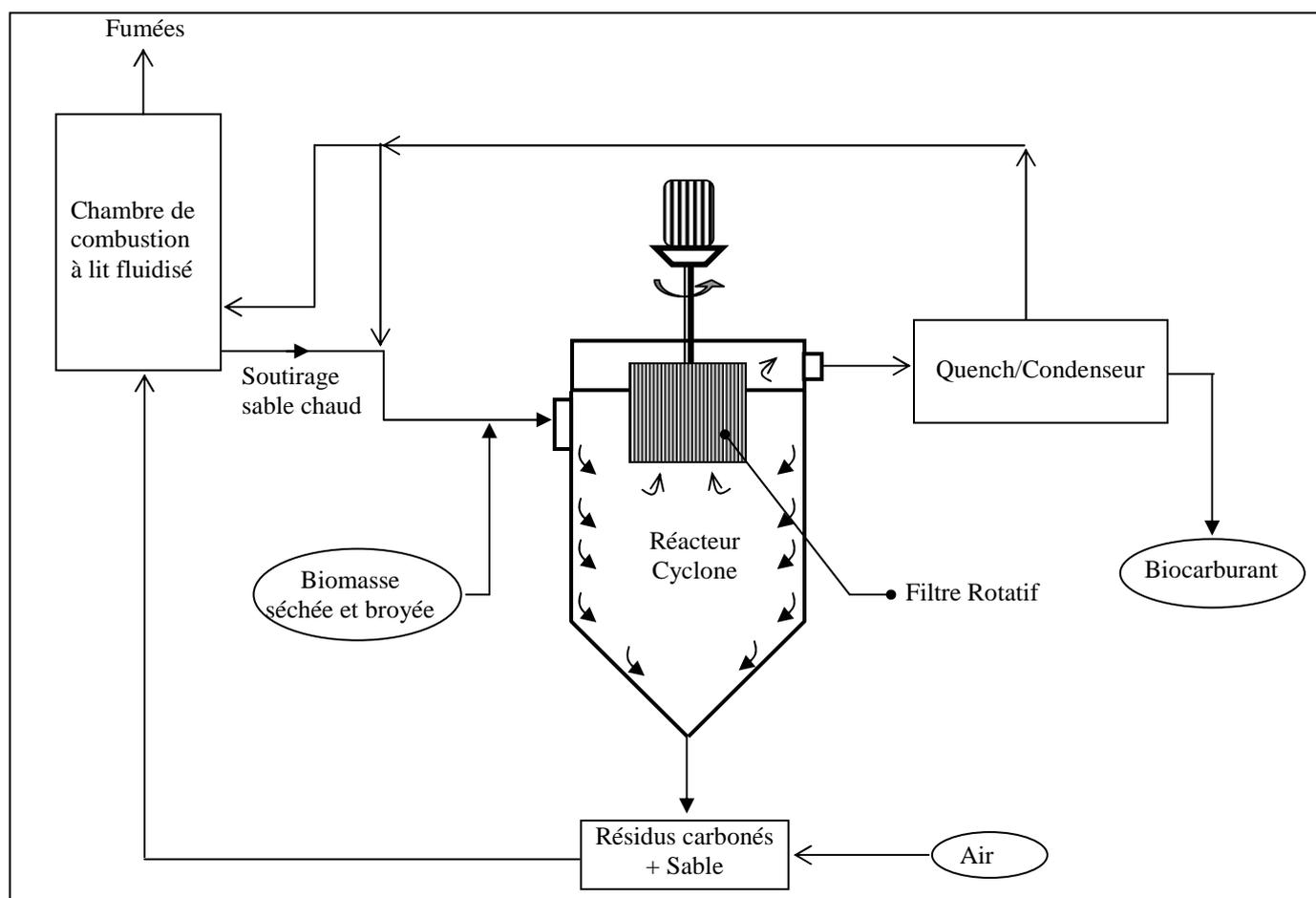


Figure 4: Schéma de principe du procédé PyRos

La température moyenne du procédé varie entre 500-600 °C. Le temps de séjour des gaz dans le réacteur est de 0.5 à 1 sec.

Les caractéristiques du réacteur de PyRos sont :

- Taux élevés de transfert thermique
- Faible temps de séjour des gaz,
- Possibilité de contrôle du temps de séjour des particules,
- Conversion des grandes particules,
- Production de gaz filtré,

Produits traités :

Biomasse

Réalisations :

Une étude expérimentale dans un réacteur à petite échelle de 1 kg/h a été réalisée sur l'influence de la configuration du réacteur et des paramètres de processus pour optimiser le rendement liquide et la composition en huile.

Une unité pilote de capacité de 30 kg/h est en cours de réalisation à l'université de Twente en Hollande.. C'est une installation pilote entièrement intégrée avec combustion de charbon/gaz. Le projet est soutenu par TNO-MEP.

Procédé BTG

Type : Procédé de pyrolyse rapide

Principe :

La technologie BTG de pyrolyse rapide se fait dans un réacteur à cône tournant (300 tr/min). Le réacteur de pyrolyse est intégré dans la partie basse d'un système de circulation de sable chaud d'une chambre de combustion du coke, à lit fluidisé circulant.

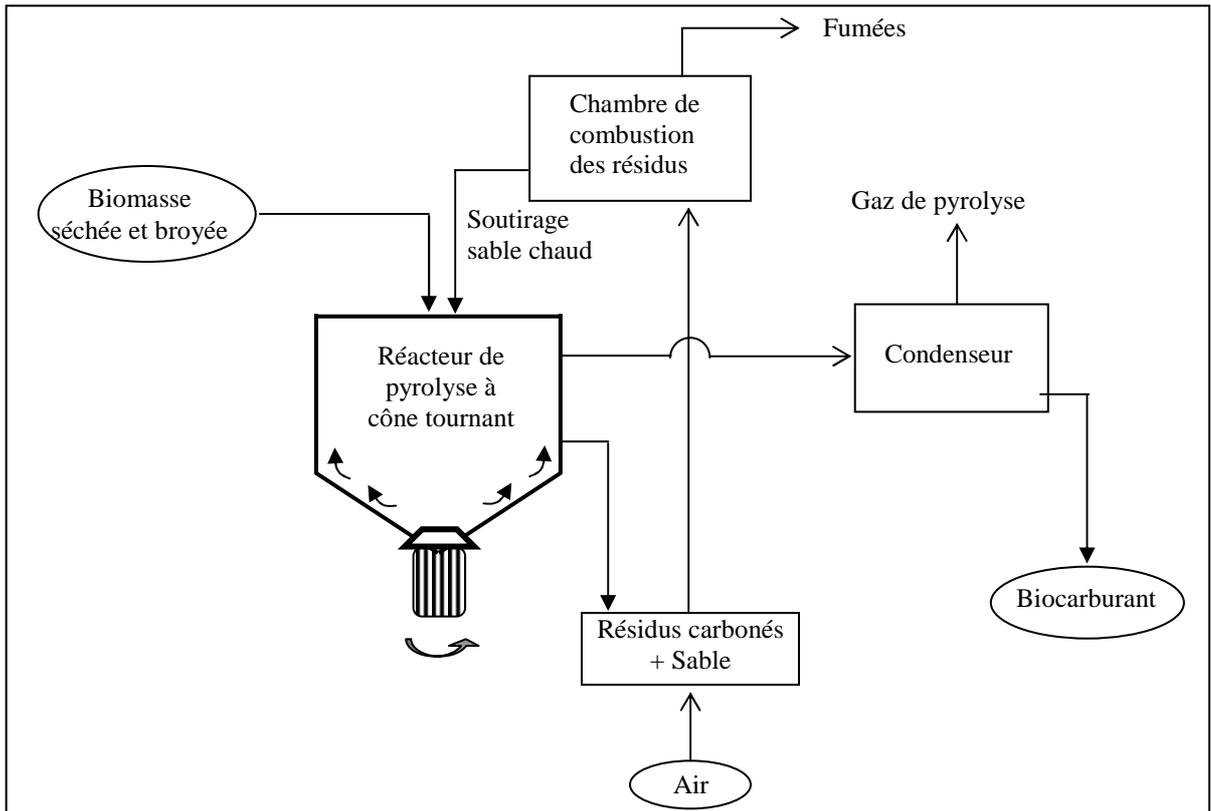


Figure 5: Schéma de principe du procédé BTG

Des particules de biomasse à température ambiante et les particules chaudes de sable sont introduites dans la partie inférieure du cône. L'effet rotatif du cône permet leur mélange et leur entraînement vers le haut. Dans ce type de réacteur, le chauffage rapide et le court temps de séjour des gaz peuvent être réalisés. Une partie de la charge est brûlée pour fournir la chaleur nécessaire au processus de pyrolyse.

Produits traités :

Biomasse et résidus de bois

Réalisations

BTG a démontré la technologie de pyrolyse à cône tournant sur une unité pilote de 250 kg/h en hollande basée sur les résidus de bois.

Procédé Okadora

Type : Procédé de pyrolyse rapide

Principe :

Dans le procédé Okadora, la pyrolyse rapide s'opère dans un «cyclone» dans lequel la centrifugation est obtenue par une action mécanique d'un plateau tournant muni d'ailerons qui procurent un mouvement ascensionnel. Le chauffage est assuré par une double enveloppe. Ce dispositif permet le traitement de produits très humides ou slurries.

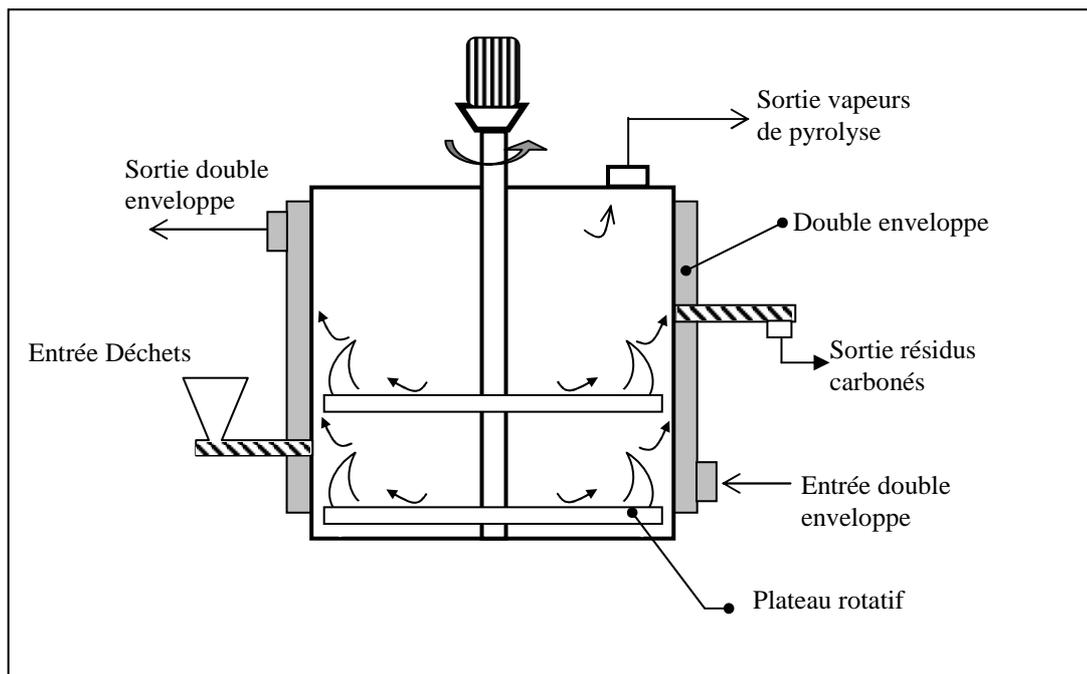


Figure 6: Schéma de principe du procede Okadora

Produits traités :

Boues industrielles et boues de STEP, déchets industriels et ménagers, pneumatiques

Réalisations

Plusieurs références au Japon

I.3.3 Pyrolyse sous vide

Procédé PyroVac

Type : Pyrolyse sous vide

Principe :

Le procédé PyroVac est un procédé de pyrolyse sous vide qui consiste en la décomposition thermique du combustible à pression réduite. Une fois les molécules complexes de la matière organique chauffées, elles se transforment en fragments primaires dans le réacteur. Ces macromolécules sont rapidement éliminées de la chambre chaude par une pompe sous vide et sont récupérées après condensation sous forme d'huiles pyrolytiques.

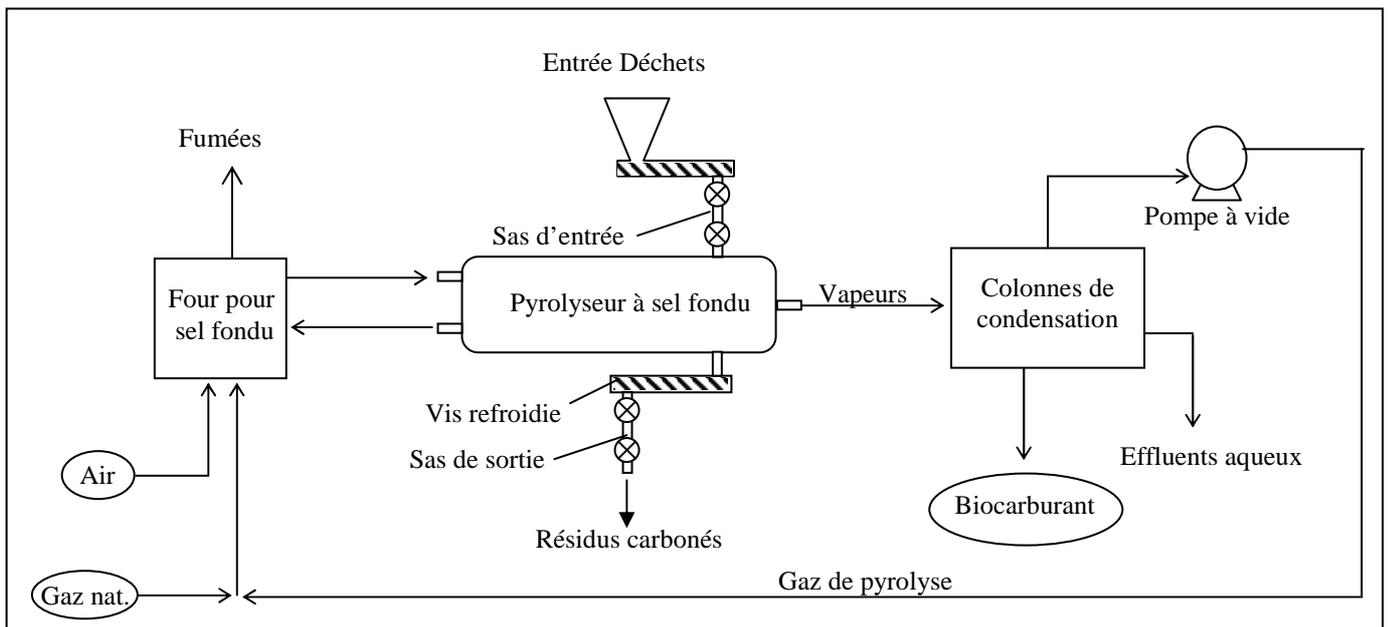


Figure 7 : Schéma de principe du procédé PyroVac

La pyrolyse sous vide est effectuée à une température de 450°C et à une pression totale de 0.15 atmosphère. La basse pression dans le réacteur est le facteur principal qui permet le contrôle de la qualité et les proportions des produits résultants.

Après pré-traitement, les déchets sont introduits dans le pyrolyseur sous vide. Les déchets sont transportés par deux plats horizontaux qui sont chauffés par un mélange des sels fondus qui est maintenu à une température de 550°C. Ce fluide caloporteur se compose d'un mélange de nitrate de potassium, nitrite de sodium et nitrate de sodium et est principalement chauffé à l'aide d'un brûleur à gaz qui est alimenté par les gaz produits non condensables du processus. Un réchauffeur électrique d'induction est optionnellement utilisé pour maintenir une température constante à l'intérieur du réacteur. Une fois la matière organique du combustible chauffée, elle se décompose en vapeurs qui sont extraites du réacteur à l'aide d'une pompe à vide. Ces vapeurs sont alors orientées sur deux épurateurs dans lesquels les huiles lourdes et légères sont récupérées. Les gaz non condensables sont dirigés vers le brûleur du four à sels fondus. Le solide carboné produit est refroidi à la sortie de réacteur.

Produits traités :

Biomasse (écorce).

Réalisations :

Un pilote de démonstration pour des déchets d'écorce a été mis en œuvre à Jonquière, Québec en 1998.

I.3.4 Pyrolyse en sel fondu

Procédé Thermolysef

Type : Pyrolyse en sel fondu

Principe :

Le procédé de pyrolyse "Thermolysef" en bain de sels fondus permet de valoriser différents types de déchets. Il permet d'obtenir, par craquage thermique, des hydrocarbures aromatiques et/ou aliphatiques. Ces produits sont mieux adaptés à la production de gaz de synthèse.

Le bain de sel, régénérable, piège les halogénés et le soufre et complexe (par combinaison chimique) les métaux lourds contenus dans les produits à pyrolyser. Ces éléments sont donc totalement absents des produits de pyrolyse.

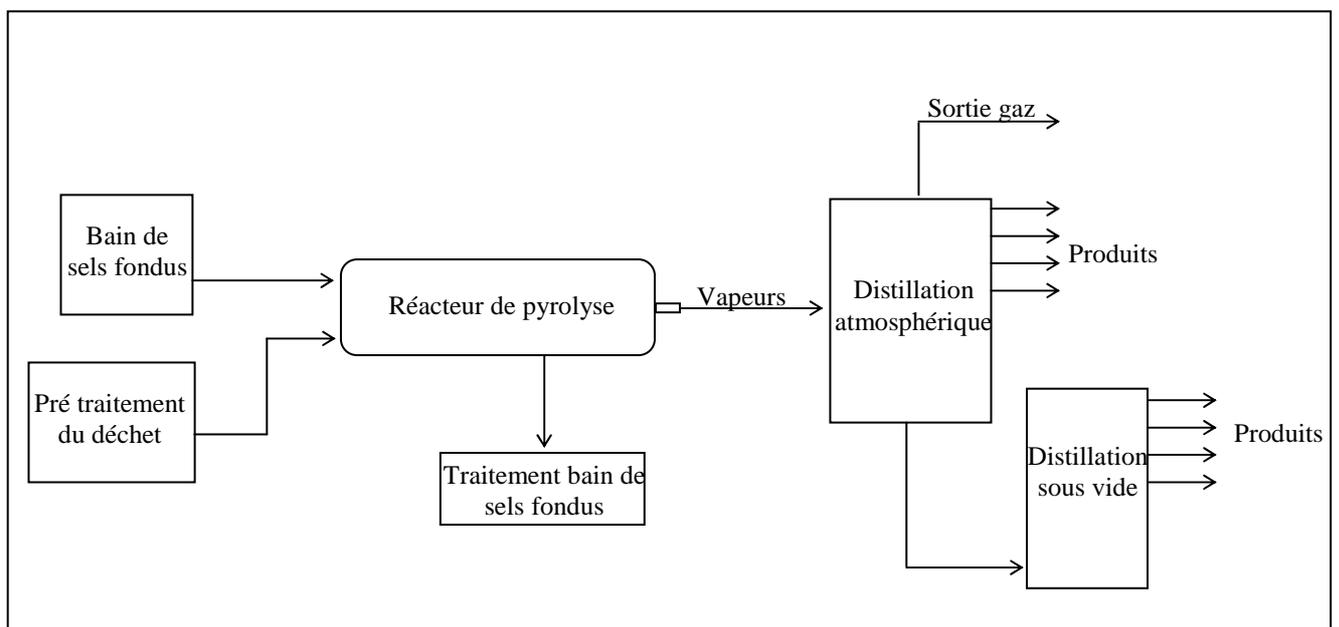


Figure 8 : Schéma de principe du procédé Thermolysef

Produits traités

Déchets agricoles, matières plastiques, matériaux d'emballage

I.4 Procédés de gazéification

La gazéification procède principalement par l'intermédiaire d'un processus en deux étapes, pyrolyse suivie de la gazéification. La pyrolyse est la décomposition d'un combustible par la chaleur. Cette étape, également connue sous le nom de dévolatilisation/carbonisation, est endothermique et produit des matières volatiles sous forme d'hydrocarbures gazeux et de liquides.

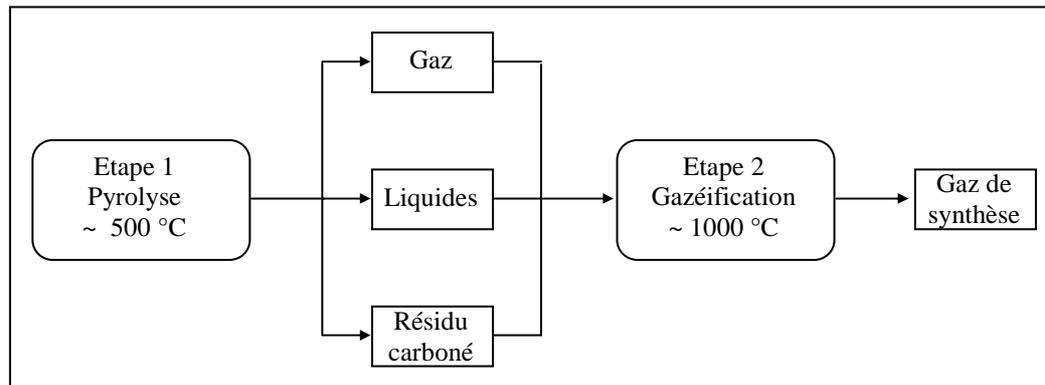


Figure 9 : Les étapes de la gazéification

Les hydrocarbures et le carbone fixe sont convertis en gaz de synthèse dans la deuxième étape : gazéification. Les réactions principales impliquées dans cette étape sont décrites ci-dessous :

Réaction de gazéification par la vapeur d'eau



Réaction de BOUDOUARD



Réaction de gazéification par l'oxygène



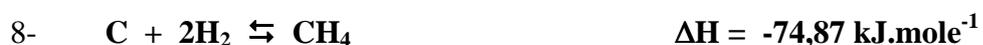
Réaction de formation d'hydrocarbures



Réaction shift



Réaction de formation du méthane



Suivant la nature de l'agent de gazéification utilisé et de son débit, certaines de ces réactions prendront plus ou moins d'importance et pourront influencer la composition du gaz produit.

Dans le cas de la gazéification à l'oxygène ou à l'air, l'énergie nécessaire aux réactions endothermique est apportée par l'exothermicité des réactions 3 et 4.

La figure ci-dessous présente une comparaison des équilibres de chacune des réactions de gazéification.

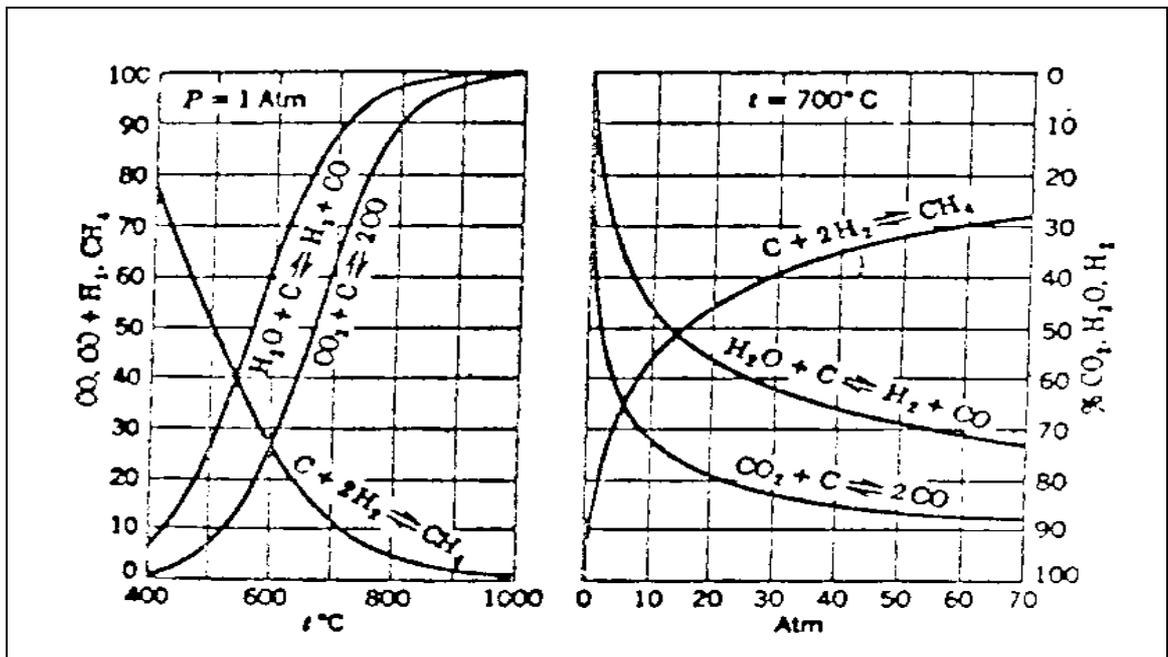


Figure 10: Variations des constantes d'équilibre des réactions de gazéification

Nous constatons qu'à la pression atmosphérique et pour des températures supérieures à 800°C, la réaction de formation du méthane (8) est quasiment négligeable. Par contre, si la pression augmente, l'enrichissement en méthane devient notable au détriment des deux autres réactions.

- Aspect thermodynamique

Une augmentation de la pression entraîne une évolution du système dans le sens de la diminution du nombre de moles gazeuses. Ainsi, une pression élevée défavorise les réactions 1 et 2 mais favorise la production du méthane suivant les réactions 5, 6 et 8.

La formation des produits dans les réactions endothermiques est favorisée par l'augmentation de la température. Par contre, la formation des produits dans les réactions exothermiques est défavorisée par l'augmentation de la température, ce qui est le cas des réactions 5, 6 et 7.

Si l'on s'intéresse à l'obtention d'un gaz riche en CO et H₂ en vue de synthèse chimique, on a intérêt à opérer à basse pression et à température élevée. Par contre, si l'on veut obtenir un gaz à pouvoir calorifique élevé, donc riche en hydrocarbures, dont le méthane, on doit travailler à une pression élevée et à une température relativement faible qui doit être toutefois compatible avec la cinétique des réactions chimiques

- *Aspect cinétique*

Nous avons déjà vu que la gazéification de la biomasse est la résultante de nombreuses réactions chimiques faisant intervenir ou ne faisant pas intervenir le carbone. Les constantes de vitesse de chacune de ces réactions sont différentes.

De plus, pour les réactions où le carbone intervient, deux phénomènes supplémentaires peuvent modifier ces constantes, l'un lié à la température, l'autre à la nature et la quantité des impuretés :

- ✓ Suivant la porosité et la taille des particules de charbon, la taille des molécules des réactifs et des produits gazeux et la température, ces réactions peuvent s'effectuer soit en régime chimique à basse température, soit en régime diffusionnel interne à température plus élevée.
- ✓ Selon la quantité et la nature des impuretés contenues dans l'échantillon charbonneux, l'effet catalytique sur les réactions sera plus ou moins élevé. En outre, pour deux réactions différentes, l'effet catalytique d'une impureté donnée peut varier dans une grande mesure.

- *Les réacteurs de gazéification*

Différents types de réacteurs de gazéification ont été développés : four tournant, four à lit fixe, four à lit fluidisé, lit entraîné. La différence est basée sur les moyens supportant le combustible solide dans le réacteur, le sens de l'écoulement de la charge et de l'oxydant, et la source de la chaleur fournie au réacteur.

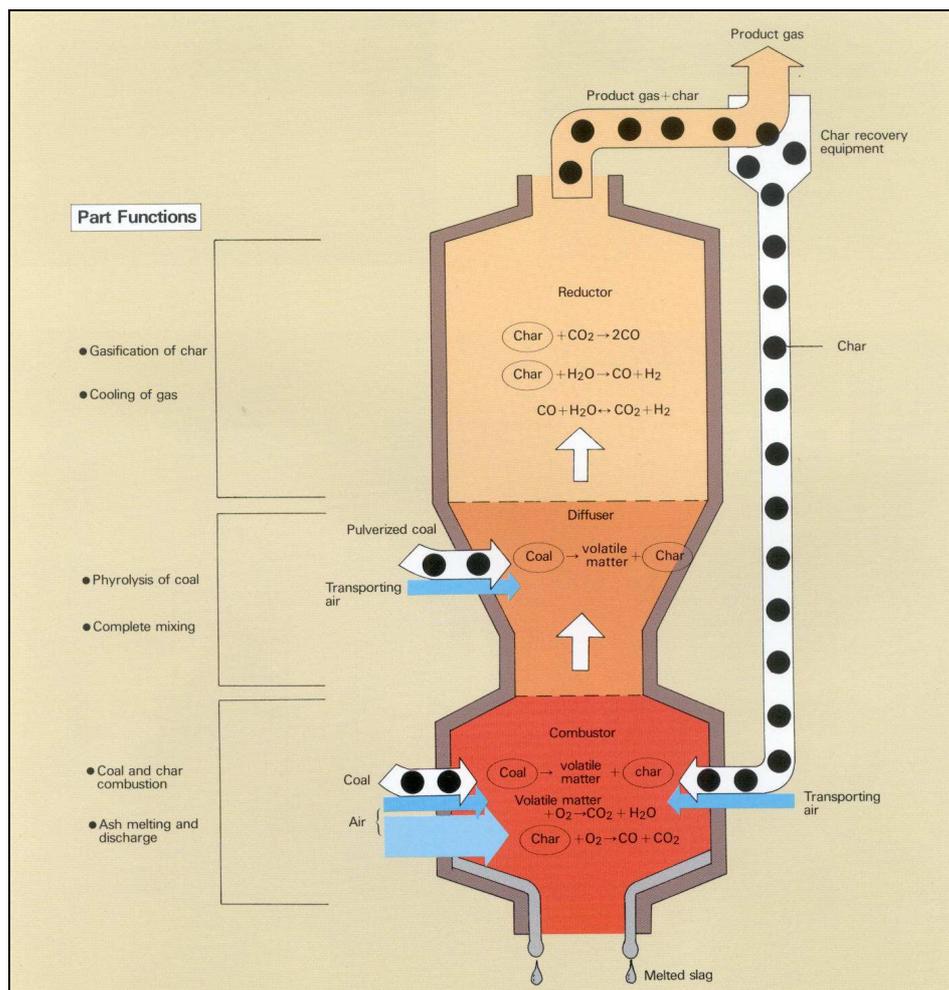


Figure 11: Principe de l'étagement réactionnel en gazéification

- *Les procédés de gazéification*

Les procédés commercialement développés reposent principalement sur quatre voies de gazéification :

- La gazéification à lit fixe avec extraction de cendres sèches ou fondues,
- La gazéification à lit fluidisé (lit dense, lit fluidisé circulant atmosphérique (CFB), ou pressurisé, lit rotatif)
- La gazéification à lit entraîné.
- La pyro-gazéification à deux étages

Gazéificateurs à technologie non identifiée

Gazéificateur Plasco Energy Group

Nota : Toutes les informations fournies sont issues du site Internet mentionné, et n'ont en aucune manière été vérifiées ou validées par l'ADEME. Elles ont été insérées dans le présent document en juillet 2007.

Source : <http://www.plascoenergygroup.com/>

Type : Gazéification à arc à plasma

Principe

La technologie utilisée est basée sur l'utilisation d'un arc à plasma d'un gaz en défaut d'oxygène, pour produire des gaz simples tels que H₂, N₂, CO, CO₂, etc. à partir des déchets traités.

Les métaux ferreux, ainsi que les objets volumineux qui peuvent être valorisés, sont retirés, puis le déchet est broyé, en vue de son homogénéisation. Compte tenu de la variabilité des déchets ménagers, une source de déchets ayant un pouvoir calorifique plus élevé est mélangé au déchet.

Le mélange de déchet est alimenté dans la chambre inférieure du convertisseur. Les torches à plasma, située dans la partie supérieure du convertisseur, apportent le complément d'énergie pour que la conversion soit complète, et permettent de contrôler les températures de conversion. Le procédé de conversion génère un SYNGAS chaud qui est riche en CO et H₂ et un vitrifiat inerte.

Le vitrifiat est constitué des composés minéraux présents dans les déchets, tels que métaux, ciments, verre, etc. Après refroidissement et préparation, il est vendu comme agrégat routier ou matériaux de construction.

Après gazéification du déchet, le gaz de synthèse (ou SYNGAS) est refroidi épuré (permettant la valorisation de H₂S et de l'HCl).

La valorisation énergétique est faite grâce à un moteur à gaz (alimenté par le SYNGAS épuré), ainsi qu'une turbine à vapeur alimenté par la vapeur produite grâce au refroidissement du SYNGAS en sortie de convertisseur, ainsi que la vapeur produite à partir de la chaleur des fumées en sortie du moteur à gaz.

Schéma du gazéificateur ??

Produits traités

Le procédé peut virtuellement traité n'importe quel type de déchets

Réalisations

Une unité pilote est en test depuis 1983 chez Plasco Energy Group. Ce pilote a été implanté en 2003 en Espagne, à Castellgali.

Une unité devant traiter 85 t/j d'ordures ménagères brutes à Ottawa est en construction début 2007.

Observation d'André Kunégel :

En juillet 2007, l'unité de Plasco Energy Group à Ottawa est en cours de construction.

Il apparaît indispensable de disposer d'un retour d'expérience significatif permettant de vérifier les performances techniques, économiques et environnementales de ce procédé, avant d'envisager une réalisation en France.

Lorsque ces données seront disponibles, une attention particulière sera portée au rendement énergétique et aux aspects économiques, car l'utilisation d'électricité pour traiter à « haute température » (sans que le niveau de température n'apparaisse sur le site Internet mentionné ci-dessus) semble a priori fort contestable.

I.4.1 Gazéifieurs à lit fixe

I.4.1.a Gazéifieur à contre-courant

Gazéifieur Lurgi Dry Bottom

Type : Gazéifieur pressurisé à lit fixe contre-courant

Principe

Le principe de fonctionnement est de type lit fixe dans lequel la charge solide descend en contre-courant de l'agent de gazéification qui est introduit à la base du réacteur vertical, lequel est muni d'une grille rotative qui sert d'extracteur de cendres. La combustion des résidus de charbon réalise l'apport de chaleur nécessaire à la gazéification. Le gaz brut sort du gazéifieur en partie haute du réacteur à une température variant entre 400 – 600 °C. Il est ensuite lavé puis refroidi afin d'éliminer les poussières et de condenser les hydrocarbures lourds (goudrons).

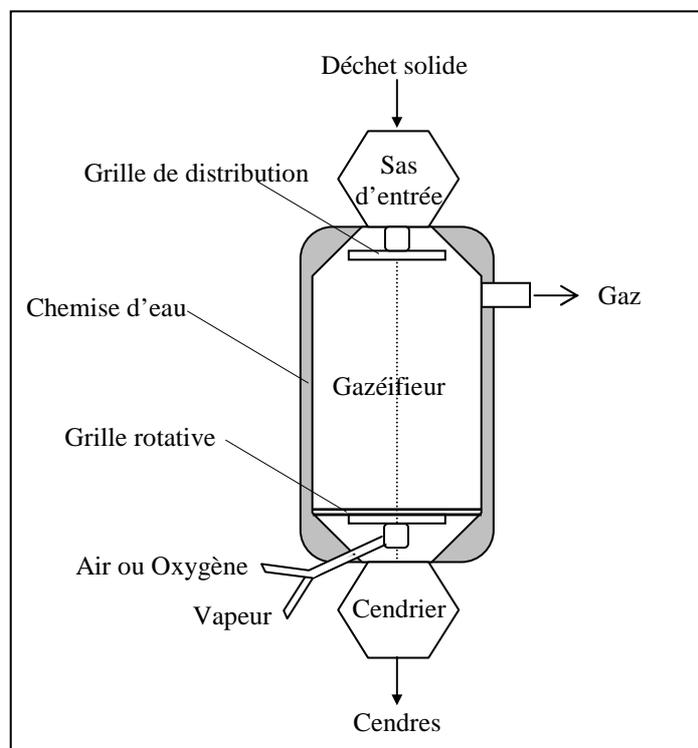


Figure 12: Schéma du gazéifieur Lurgi Dry-Bottom

Comme agent de gazéification, ce gazéifieur peut utiliser soit un mélange avec air/vapeur d'eau, soit un mélange oxygène/vapeur d'eau, produisant respectivement des gaz à faible ou moyen pouvoir calorifique.

Une composition typique du gaz avec de l'oxygène est (% volumique sur sec) :

$\text{CO}_2 = 33 \%$; $\text{CO} = 14,8 \%$; $\text{H}_2 = 40,2 \%$; $\text{CH}_4 = 11,7 \%$; $\text{N}_2 = 0,3 \%$

La taille des particules utilisées varie entre 6 à 50 mm, sans aucune limitation sur la teneur en cendres. La température de fusion des cendres étant généralement supérieure à 1200 °C, ce gazéifieur à cendres sèches fonctionne à des températures inférieures à ces températures.

Produits traités

Ce gazéifieur est très largement répandu, pour la gazéification sous pression du charbon. Il peut être appliqué à la gazéification de charbons bitumineux, de coke de pétrole et de déchets solides ou liquides.

Réalisations

Les réalisations les plus importantes sont: Sasol en Afrique du Sud (ayant une capacité de 40 million t/an de charbon pour la production de gaz de synthèse destiné aux combustibles liquides et chimiques ; DCG aux Etats Unis où 4 million t/an de lignite sont converties en 160000Nm³/h de SNG (Substitute Natural Gas) et Shanxi, China pour la production de 1000 t/j d'ammoniac à partir de l'anthracite.

Gazéifieur British-Gas Lurgi (BGL) à lit fixe

Type : Gazéifieur à lit fixe contre-courant

Principe

Le gazéifieur BGL est un gazéifieur vertical à lit fixe pressurisé (24 bars) fonctionnant à contre-courant. Il peut traiter jusqu'à 40 t/h de charbon ou de coke. L'agent de gazéification (mélange oxygène/vapeur) est injecté par le bas, par des tuyères refroidies. La gamme de température varie de 1600 °C à la base du gazéifieur, à 530 °C en sortie des gaz.

Une composition typique du gaz avec le mélange oxygène/vapeur est (% volumique sur sec) :

$\text{CO}_2 = 3,2 \%$; $\text{CO} = 54 \%$; $\text{H}_2 = 27,9 \%$; $\text{CH}_4 = 7,6 \%$; $\text{N}_2 = 7,3 \%$.

Les cendres sont extraites en fond de gazéifieur sous forme fondue dans une chambre remplie d'eau.

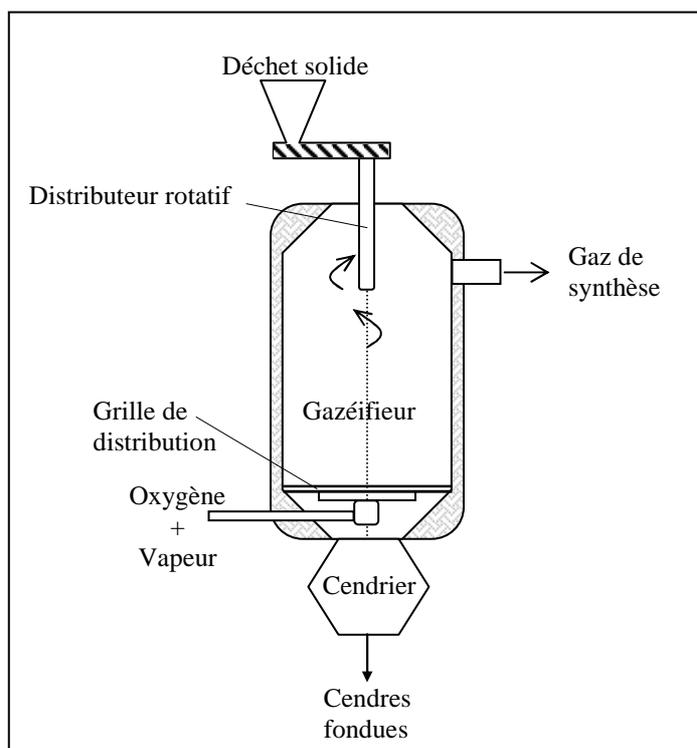


Figure 13: Schéma du gazéifieur British-Gas Lurgi (BGL) à lit fixe

La taille des particules utilisées varie entre 6 à 50 mm, avec des teneurs en cendre inférieures à 25 %, et des températures de fusion inférieures à 1300 °C. Le gazéifieur BGL fonctionne à des températures au-dessus du point de fusion des cendres.

Produits traités

Charbon ou de coke, déchets de bois, RDF

Réalisations :

Une installation a été mise au point pour le conversion de 40 t/j de charbon combustible (en Grande Bretagne)

SVZ (Schwarze Pumpe) a mis en œuvre le procédé de gazéification BGL en 2002, pour le traitement de déchets solides incluant des déchets ménagés, des boues, des plastiques recyclés, des bois contaminés. Cette installation pourra traiter 250 000 t/an de déchets solides pour la production de gaz de synthèse (méthanol).

Gazéifieur Babcock & Wilcock Volund systems

Type: Gazéifieur atmosphérique à lit fixe contre-courant

Principe

Le gazéifieur Babcock & Wilcock Volund system est un gazéifieur à lit fixe à contre courant utilisé pour la production d'électricité et de chaleur. Il est conçu comme un four vertical, cylindrique réfractorisé dans lequel on introduit à la base de l'air de combustion humide par l'intermédiaire d'une grille de distribution. L'alimentation des plaquettes de bois se fait en continu par le dessus du gazéifieur. Un dispositif de contrôle de niveau sert comme régulateur mécanique de contrôle du débit de solide introduit.

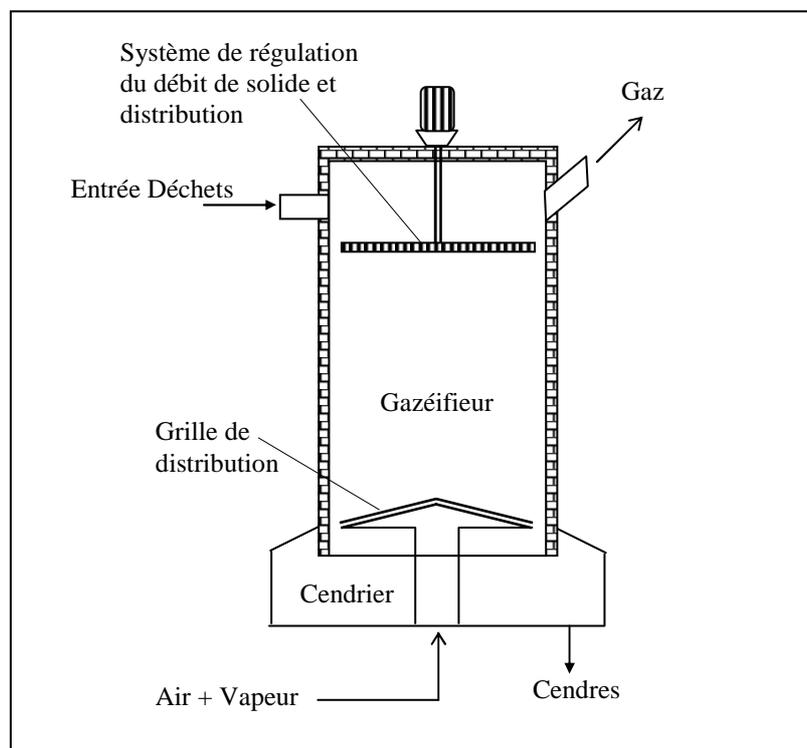


Figure 14: Schéma du gazéifieur Babcock & Wilcock Volund systems

Une composition typique du gaz avec de l'oxygène est (% volumique sur sec) :

$H_2 = 15 - 18 \%$; $CO = 25 - 28 \%$; $CO_2 = 7 - 10 \%$; $O_2 = 0 - 2 \%$; $CH_4 = 3 - 5 \%$; $N_2 = \text{reste}$
Température de gazéification varie entre 800 et 1000 °C.

Agents gazéifiants : vapeur d'eau et dioxyde de carbone.

Produits traités :

Les combustibles traités par ce procédé sont le bois et ses résidus, les écorces. L'humidité du combustible peut atteindre 50 %.

Réalisations :

- La première installation de gazéification de ce type a été, commercialisée en 1993, pour une application de chauffage urbain à Harboore. L'installation développe une puissance en sortie gazéifieur de 4 MWth, pour une puissance d'entrée de combustible de 4,75 MWth. Le gaz produit (PCI = 6,3 MJ/kg ; débit = 2700 Nm³/h) alimente un brûleur à basse teneur en NOx, disposé sur une chaudière. A la sortie de la chaudière, les fumées sont condensées dans un scrubber muni d'un récupérateur de chaleur.

- Centrale de co-génération d'Ezanville
Le réseau de chaleur par co-génération dessert plusieurs centaines de logements dans le quartier résidentiel d'Ezanville. Situés dans un local en sous-sol incluant des aéro-refroidisseurs sur entrée d'air, les moteurs fournissent de l'eau chaude à la chaufferie. L'électricité est revendue à EDF.

- Centrale de cogénération au Havre
A la demande de l'OPHLM et des Hôpitaux du Havre, un réseau de chaleur desservant 2000 foyers a été mis en service. Les deux moteurs JES 620 couplés à une chaufferie de 7,5 MWe fournissent une eau chaude à 90°C. L'intégralité de l'électricité, soit 5,5 MWe, est revendue à EDF.

I.4.1.b Gazéifieur à co-courant

Gazéifieur Nippon Steel (NS)

Type : Gazéifieur atmosphérique à lit fixe co-courant

Principe :

Le gazéifieur NS est un gazéifieur à lit fixe en co-courant, atmosphérique, soufflé par de l'air.

La charge, alimentée par le dessus du gazéifieur à co-courant, est pré-mélangée avec 50 kg/t de coke, 30 kg/t de chaux, pour une désulfuration in situ de gaz.

Les cendres sont vitrifiées au fond du gazéifieur, l'addition de la chaux permet également la contrôle de viscosité des scories ainsi que la granulation.

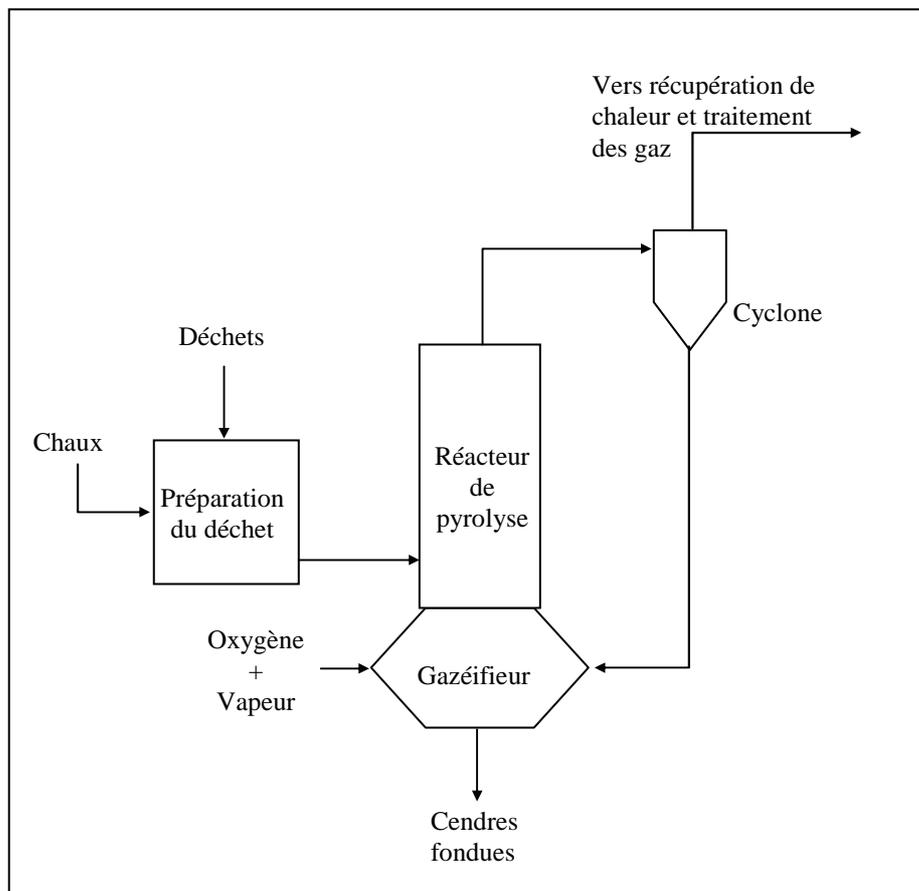


Figure 15 : Schéma du gazéifieur Nippon Steel

Produits traités :

Déchets pétroliers, résidus d'incinération, déchets industriels et hospitalier.

Réalisations

Actuellement, quatre unités sont opérationnelles au Japon, principalement, pour le traitement des déchets municipaux, industriels ou médicaux (36000 – 110000 t/an). Dans ces unités, le gaz est brûlé en aval, dans une chambre de combustion équipée d'une chaudière pour la production de la vapeur d'eau.

Gazéifieur Xylowatt (Belgique)

Type : Gazéifieur atmosphérique à lit fixe en co-courant

Principe :

Le gazéifieur Xylowatt est un gazéifieur atmosphérique à lit fixe en co-courant, destiné à la gazéification du bois. De la masse initiale de bois, il ne reste que 1 à 3 % de cendres. Tout le reste est transformé en gaz dont les principaux éléments combustibles sont l'hydrogène (H_2) et le monoxyde de carbone (CO). On dit que le gaz produit est pauvre parce que son pouvoir calorifique inférieur (PCI) se situe entre 4.5 et 5.8 MJ/mN3 mais sa composition est parfaitement bien adaptée aux moteurs classiques. Le rendement énergétique de conversion du gazogène à co-courant est de l'ordre de 70 à 85 %.

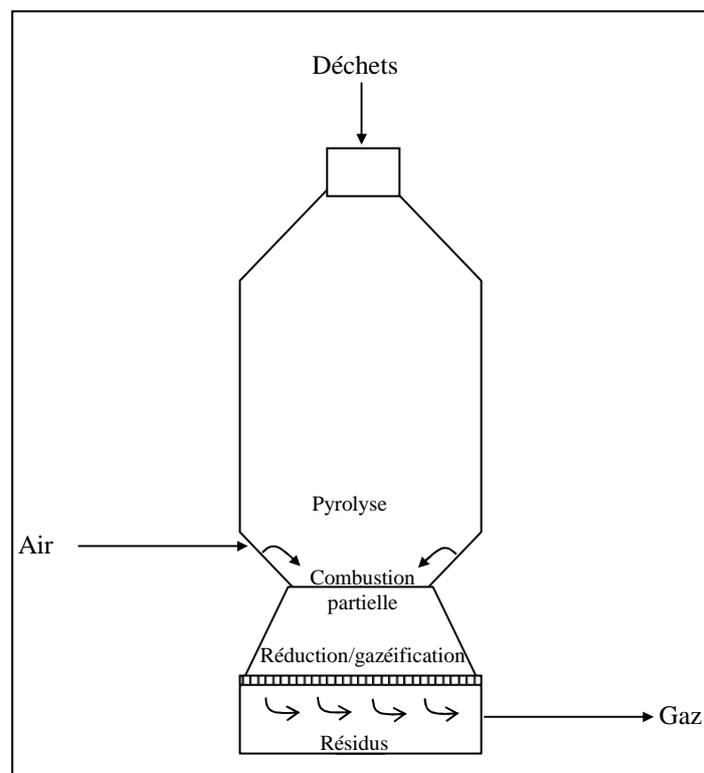


Figure 16: Gazéifieur Xylowatt

La production des gaz prend place dans le réacteur qui est alimenté de biomasse en haut du réacteur par une vis. Les cendres sont extraites en fond de réacteur. A la sortie du réacteur le gaz est à une température de 550 °C et contient un certain nombre de polluants. Avant d'être injecté dans un moteur de gaz standard, le gaz est refroidi et passe par différents traitements : refroidissement, lavage à l'eau et filtration.

Produits traités :

Bois de démolition, Résidus de scieries et de menuiseries, Ecorces.

Réalisations :

- Une unité de 500 KWe a été construite en 1998 à Ramnagaram, Inde, pour un besoin industriel d'une puissance de 2*275 kWth alimenté par des coquilles de noix de coco.
- Une unité de 800 KWth (1998) et une unité de 2 MWth (2000), basées sur la gazéification de plaquettes de bois et de déchets verts, ont été construites à Davanagere, Inde.
- Une unité de 1,2 MWth a été construite en 2001 à Tahefet, Inde, pour les besoins en énergie d'un processus thermique, basé sur les coquilles de noix de coco et plaquettes de bois comme combustible.
- Une unité de 120 kWth pour un procédé de chauffage et séchage de bois, basée sur des plaquettes de bois comme combustible, a été installée à Bulle Suisse, en 2001.

I.4.2 Gazéifieur à lit fluidisé

I.4.2.a Gazéifieur à lit dense

Procédé HTW (Winkler)

Type : Gazéifieur à lit fluidisé dense

Principe :

Le gazéifieur HTW est un procédé de gazéification sous pression et opérant à des températures au-dessous de la température de fusion des cendres (800 – 1000 °C). Le procédé utilise un réacteur vertical à lit fluidisé à deux zones, un lit dense et une zone de désengagement (suspension diluée).

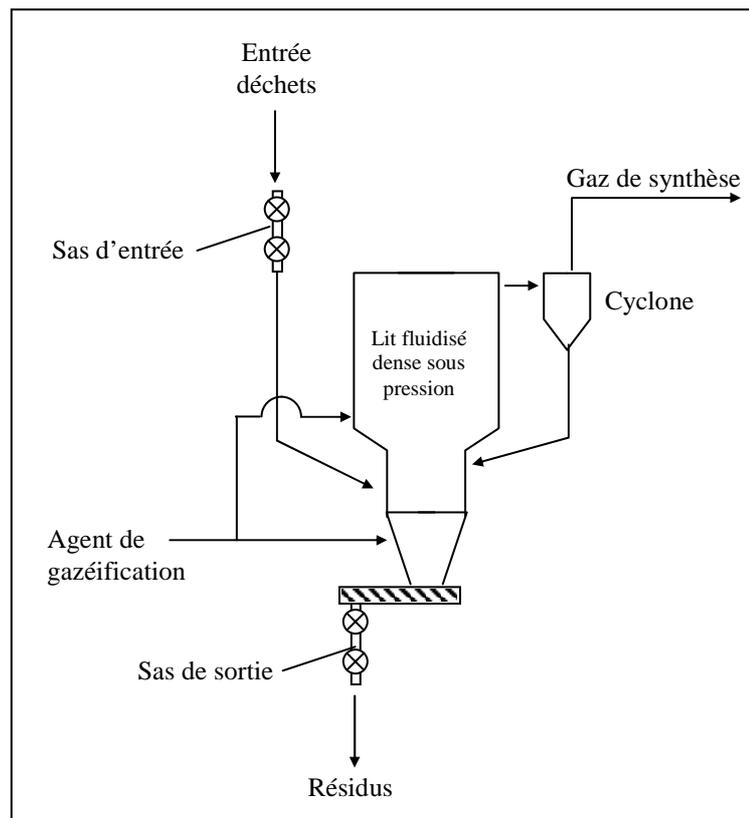


Figure 17: Schéma procédé HTW

Agents gazéifiant : Mélange oxygène-vapeur d'eau ou Mélange air-vapeur d'eau.

Une composition typique du gaz avec l'oxygène soufflé est : (% par volume)
CO₂ = 30 % ; CO = 36,3 % ; H₂ = 33,3 % ; CH₄ = 6,7 % ; N₂ = 3,7%.

Produits traités :

Déchets ménagers, boues de station d'épuration, résidus plastiques.

Réalisations :

Une unité de co-gazéification de déchets municipaux pré-traités (10 t/h) et de 10 t/j de lignite sèche a été mise en place à Berrenrath (Allemagne) pour la production du gaz de synthèse, à partir duquel le méthanol est produit. Le gazéifieur opère à une pression de 10 bars et une température de gazéification de 950 °C.

Depuis 1998 le procédé HTW est également sous licence au Japon, à travers la compagnie Japonaise, Sumitomo Heavy Industries, Ltd. (SHI). Mise en place d'une installation de 20 t/j à une pression de 1,5 bars (abs) pour le traitement d'OM. Le pilote HTW – SHI de gazéification des déchets, installé à Niihama, Sikuku, Japon, convertit les OM en gaz à faible pouvoir calorifique. Les cendres qui restent au fond du gazéifieur HTW sont fondues puis converties en scories dans un petit four..

Technologie Biosyn (Enerkem Tech.Inc./Biothermica)

Type : Gazéifieur à lit fluidisé dense

Principe :

Biosyn est une technologie à lit fluidisé dense. L'alimentation du solide se fait dans le lit fluidisé, habituellement composé de sable de silice ou d'alumine. L'injection d'air ou d'air enrichi en oxygène à travers la grille provoque la mise en suspension du sable, favorisant ainsi les transferts de masse et de chaleur. La quantité d'air ou d'air enrichi utilisée dépend de la composition du déchet et correspond habituellement à 30 % de la quantité nécessaire pour l'oxydation totale et stœchiométrique. Le débit massique nécessaire est de 2 Nm³/kg de biomasse sèche, et 4 Nm³/kg pour le plastique.

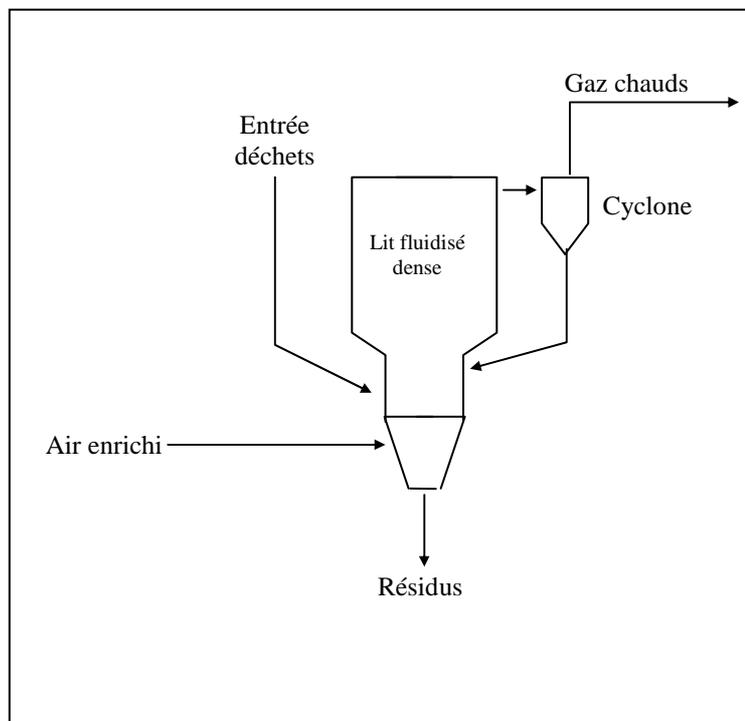


Figure 18: Schéma procédé Biosyn

Le réacteur de gazéification peut fonctionner à des températures comprises entre 600 et 900°C. Le procédé de gazéification permet de produire environ 1.8 à 2.5 Nm³ de gaz synthétique par kg de matière première, lorsque de la biomasse ou des OM sont utilisées comme matières premières.

La charge entrante doit être préparée : particules avec une taille inférieure à 5 cm, humidité initiale inférieure à 15-20 %).

Produits traités :

Biomasse, OM, déchets industriels (plastiques, rebus, ...).

Réalisations

- Énerkem a mise en place en 2001 une unité permettant la production électrique d'une puissance de 7 MW. L'usine utilise des résidus non recyclables riches en plastique pour la gazéification. Le gaz est ensuite valorisé en électricité via une série de moteurs à combustion interne développés par la compagnie Jenbacher.
- Énerkem possède également un prototype d'une capacité installée de 150 KWe servant à effectuer les tests nécessaires à l'ingénierie de ses projets.

Procédé Carbona

Type : Gazéifieur pressurisé à lit fluidisé dense

Principe :

Le procédé Carbona est un procédé à basse pression.. La gazéification s'effectue dans un gazéifieur à lit fluidisé contenant du sable (matériau inerte). La fluidisation et la gazéification sont assurées par un mélange gazeux air/vapeur d'eau qui sont introduits dans le réacteur au moyen d'un distributeur de gaz spécial. Ce dernier est sous forme de plaque perforée en acier permettant d'éviter la retombée des particules.

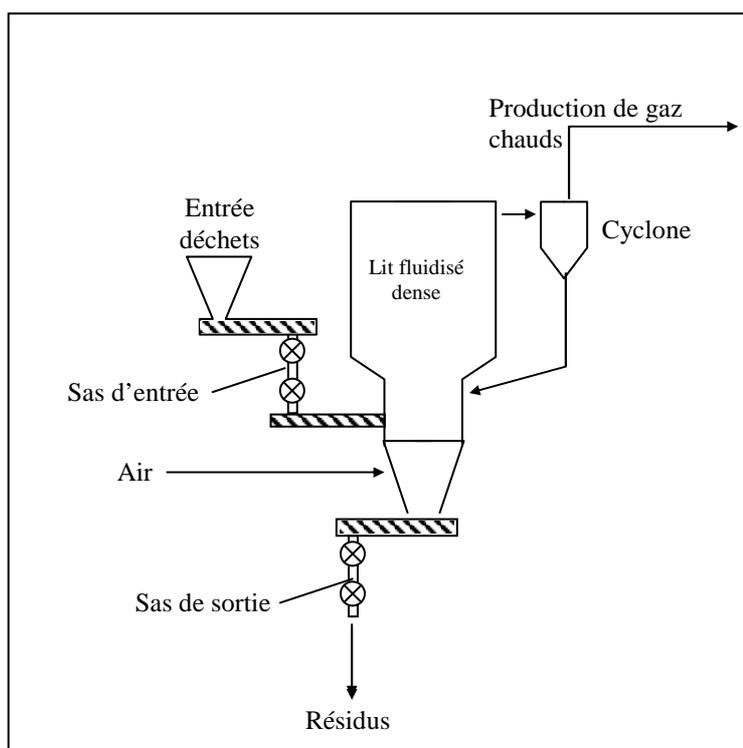


Figure 19: Schéma procédé Carbona

L'air secondaire peut être introduit dans la zone de dégagement pour contrôler la température et augmenter le craquage des goudrons. La section de la zone de dégagement est plus large que la section du lit afin de diminuer la volatilisation des gaz et l'entraînement des particules fines et augmenter le temps de résidence des solides et du gaz dans le gazéifieur. Les matériaux entraînés circulant dans le lit et les cokes non convertis sont séparés du gaz produit par un simple cyclone externe et recyclés dans le lit fluidisé. Le cyclone est aussi enveloppé dans du réfractaire. Le gaz est refroidi, dépoussiéré et lavé

La gamme des composants de gaz produit (% de vol..) varie dans les limites suivantes quand la teneur en humidité de la matière traitée change entre 10 et 30%.

CO = 22 – 14 % ; H₂ = 20 – 15 % ; CH₄ = 3 – 2 % ; CO₂ = 10 – 14 % ; N₂ = 45 – 55 %

Valeur de la capacité calorifique inférieure du gaz produit: 5 - 3,5 MJ/Nm³.

Produits traités

Biomasse, Charbon, Déchets agricoles, Résidus forestiers, Dérivés des carburants.

Réalisations :

Unité de démonstration à Tampere Finlande par Enviropower, Inc., une filiale de Tampella power en 1993. L'unité à plus de 2000 heures sur différents produits (5000 t) : luzerne, biomasse, charbon. La pression de fonctionnement du gazéifieur est de 2 MPa.

Unité de 75 MWe à Granite Falls, Minnesota (États-Unis.) utilisant de la luzerne (nordique state Power, 1995).

I.4.2.b Gazéifieur à lit fluidisé circulant

Gazéifieur Lurgi CFB

Type : Gazéifieur pressurisé à lit fluidisé circulant

Principe :

Le gazéifieur Lurgi CFB repose sur une gazéification à lit fluidisé circulant.

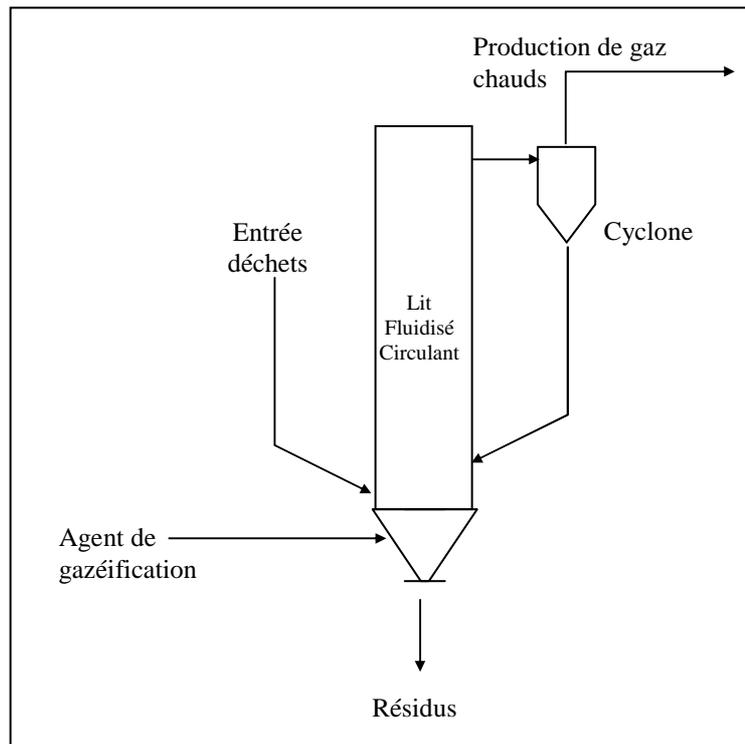


Figure 20: Schéma du Lurgi CFB

Les solides (charbon ou biomasse) sont introduits au fond du réacteur; et sont fluidisés par les agents de gazéification (mélanges oxygène-vapeur d'eau ou mélanges oxygène-CO₂). Les cendres sont extraites en partie basse sous la grille.

Les réactions de gazéification démarrent lentement au fond du réacteur, au point d'alimentation du combustible. La gamme typique des températures de réaction varie de 800°C à 1050 °C, selon le type des matières introduites. La pression de gazéification doit être supérieure à 1,15 bars. Le gaz produit est refroidi, dépoussiéré et épuré selon les conditions de son utilisation.

Au niveau du solide d'alimentation, il n'y a pas de limitation de la teneur en minéraux. La taille des particules doit être réduite à moins de 6 mm et la température de fusion des cendres supérieure à 1100 °C.

Les agents gazéifiants :

- Les mélanges oxygène-vapeur d'eau
- Les mélanges oxygène-CO₂

Une composition typique du gaz avec l'oxygène soufflé est : (% par volume)
CO₂ = 16,9 % ; CO = 41,8 % ; H₂ = 37,9 % ; CH₄ = 2,9 % ; N₂ = 0,5 %

Produits traités :

Lignite, charbon bitumineux, biomasse, déchets solides

Réalisations :

Unités installées en Allemagne et en Australie pour la production du combustible gazeux à partir du charbon bitumineux.

Unité de 150000 t/an de biomasse construite récemment en Hollande (85 MWth).

Gazéifieur Foster Wheeler

Foster Wheeler Energia Oy ont développé des gazéifieurs atmosphériques et pressurisés à lit fluidisé circulaire.

a. Gazéifieur FW atmosphérique CFB

Type : Gazéifieur atmosphérique à lit fluidisé circulant

Principe :

Ce procédé utilise un lit fluidisé fonctionnant à pression atmosphérique et il est combiné à un brûleur au charbon ou au gaz naturel afin de produire l'énergie.

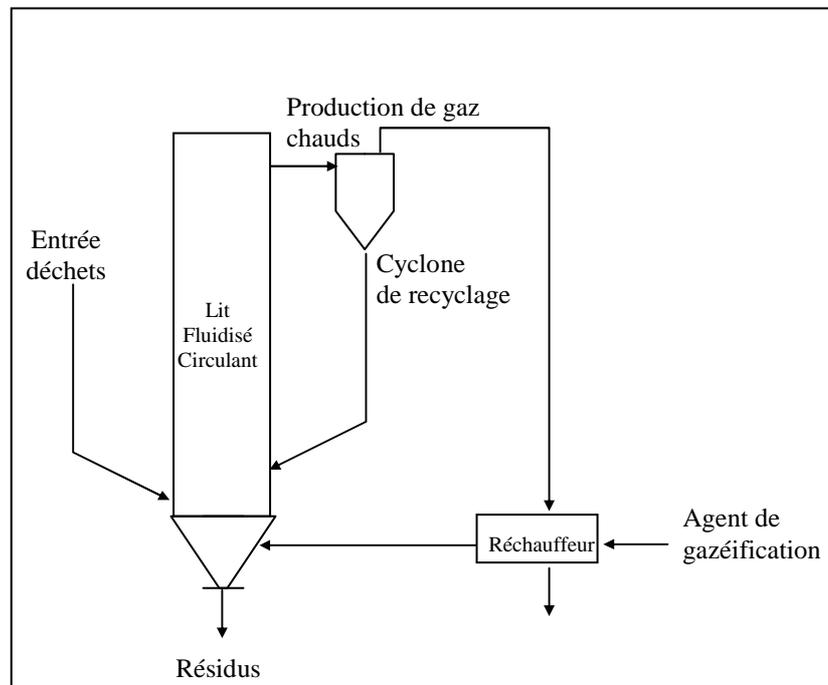


Figure 21: Schéma du procédé FW atmosphérique CFB

Le lit fluidisé fonctionne à pression atmosphérique et le profil de température s'étale de 800°C jusqu'à 1000°C (dans la partie basse). Cette température varie selon la nature et l'humidité des combustibles utilisés. Le combustible ne subit pas de séchage avant son entrée dans le lit fluidisé, du fait du profil de température au sein de l'enceinte, ainsi il est directement séché avant de subir une pyrolyse. Le charbon formé lors de la pyrolyse est recyclé au niveau du cyclone et il est brûlé dans la partie basse du four.

Une composition typique du gaz avec l'oxygène soufflé est : (% par volume)
 $\text{CO}_2 = 12,9 \%$; $\text{CO} = 4,6 \%$; $\text{H}_2 = 5,9 \%$; $\text{CH}_4 = 3,4 \%$; $\text{N}_2 = 40,2 \%$; $\text{H}_2\text{O} = 33 \%$.

Ce gaz a une capacité calorifique de 2 – 3,5 MJ/Nm³. Elle peut augmenter à plus de 4,5 MJ/Nm³ quand le taux d'humidité est minimal.

Produits traités :

Pour ces unités le combustible est formé en général de 20 à 60% d'eau, 1 à 2% de cendre et le reste étant de la matière organique. (Sciure, Résidus de bois, Résidus de bois sec provenant des industries).

Réalisations:

Site	Puissance de l'unité de gazéification
Oy Wisaforest Ab, Jakobstad, Finland	35 MW
Norrsundet Bruk Ab, Norrsundet, Sweden	27 MW
ASSI Karlskog Bruk, Sweden	27 MW
Portucell, Rodao Mill, Portugal	17 MW

b. Gazéifieur FW CFB pressurisé

Type : Gazéifieur pressurisé à lit fluidisé circulant

Principe :

Le gazéifieur Foster Wheeler pressurisé est basé sur un lit fluidisé circulant. La gazéification prend place à une température aux environs de 950-1000 °C à 20 bars.

Ce procédé utilise comme agent gazéifiant, l'air qui est fourni au fond du gazéifieur à une température autour de 200 – 250 °C.

La composition du gaz produit généré varie selon les conditions opératoires, mais dans la gamme suivante : (% en volume sur sec)

CO = 16 – 19 %; H₂ = 9,5 – 12 %; CH₄ = 5,8 – 7,5 %; CO₂ = 14,4 – 17,5 % ; N₂ = 48 – 52 %
Avec un faible pouvoir calorifique dans la gamme de 5,3 à 6,3 MJ/Nm³.

Produits traités :

Sciure, Résidus de bois, Résidus de bois sec provenant des industries.

Réalisations :

Un pilote de gazéification à Varnamö (Suède) basé sur la gazéification pressurisée du bio-combustible dans un lit fluidisé circulant, incorporé dans un cycle de gaz combiné et turbine à vapeur, est développé par Sydkraft et foster wheeler, et complété en 1997.

Procédé de gazéification TPS Termiska (Studsvik, Suède)

Type : Gazéifieur atmosphérique à lit fluidisé circulant

Principe :

Le procédé TPS Termiska AB, est un procédé de gazéification développé initialement pour l'application biomasse. Ce procédé est basé sur un gazéifieur atmosphérique à lit fluidisé circulant couplé directement à un système de craquage des goudrons pour l'élimination des goudrons.

Le gaz à faible pouvoir calorifique produit à partir de ce procédé est refroidi et nettoyé dans des équipements conventionnels, pour les alcalins, ammoniac et les poussières et peut alimenter directement des moteurs ou des turbines à gaz.

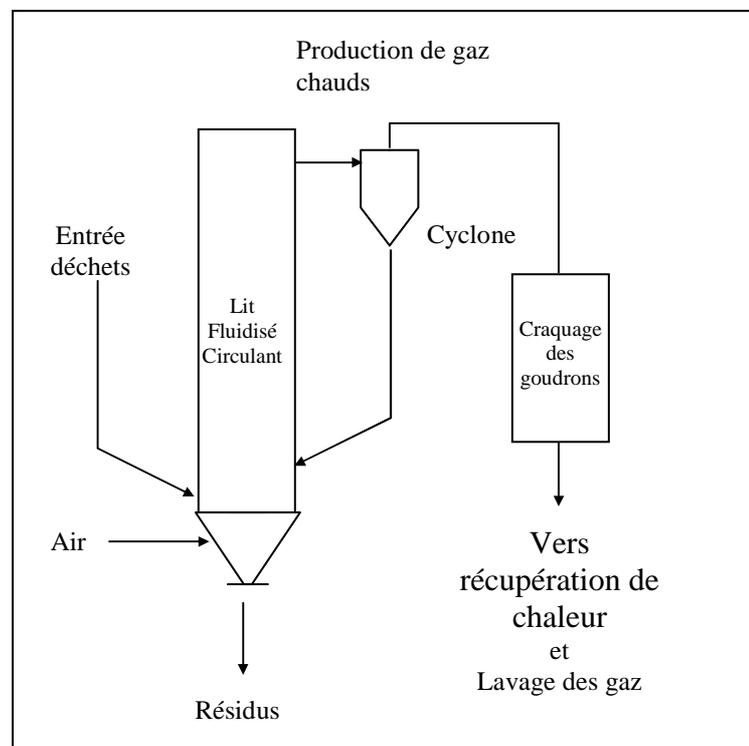


Figure 22: Schéma du procédé TPS

Le procédé est conçu pour générer des gaz combustibles à faible valeur calorifique, avec une valeur calorifique variant de 5 à 7 MJ/Nm³

Produits traités :

Biomasse bois, RDF

Réalisations:

La première unité d'une capacité de 2 MWth a été mise en place, en 1985, à Studsvik, Nyköping, Suède.

Deux gazéificateurs (15 MWth chacun) 200 tonnes de RDF par jour à Grève à Chianti, en Italie, 1992.

Une unité de gazéification de biomasse de 8 MW, combinée à cycle intégré (IGCC), dotée une unité de craquage de goudrons, a été mise en place à Selby (UK) en 2000.

Une autre unité similaire d'une capacité de 32 MWe est prévue à Mucurri, Bahia, Brésil, alimentée par des cannes à sucre. De même, une unité de 30 MWe alimentée par du bois est prévue au Nord est du Brésil.

I.4.2.c Gazéifieur à lit fluidisé rotatif

Gazéifieur Ebara RFB (Japon)

Type : Gazéifieur pressurisé à lit fluidisé rotatif

Principe :

Les composants principaux du procédé Ebara TwinRec sont :

- Un gazéifieur à lit fluidisé rotatif avec une grille inclinée basé sur la technologie de lit fluidisé rotatif permettant la séparation des non-combustibles solides, des fractions métalliques à recycler. Les conditions opératoires sont :
 - ✓ La température: 600-800°C
 - ✓ Pression: 0,5-1,6 MPa
- Une chambre de combustion cyclonique à haute température (1300-1500°C) avec vitrification des cendres fines au fond sous forme de granulés, pour des conditions opératoires :
 - ✓ La température: 1300-1500°C
 - ✓ Pression: 0,5-1,6 MPa.

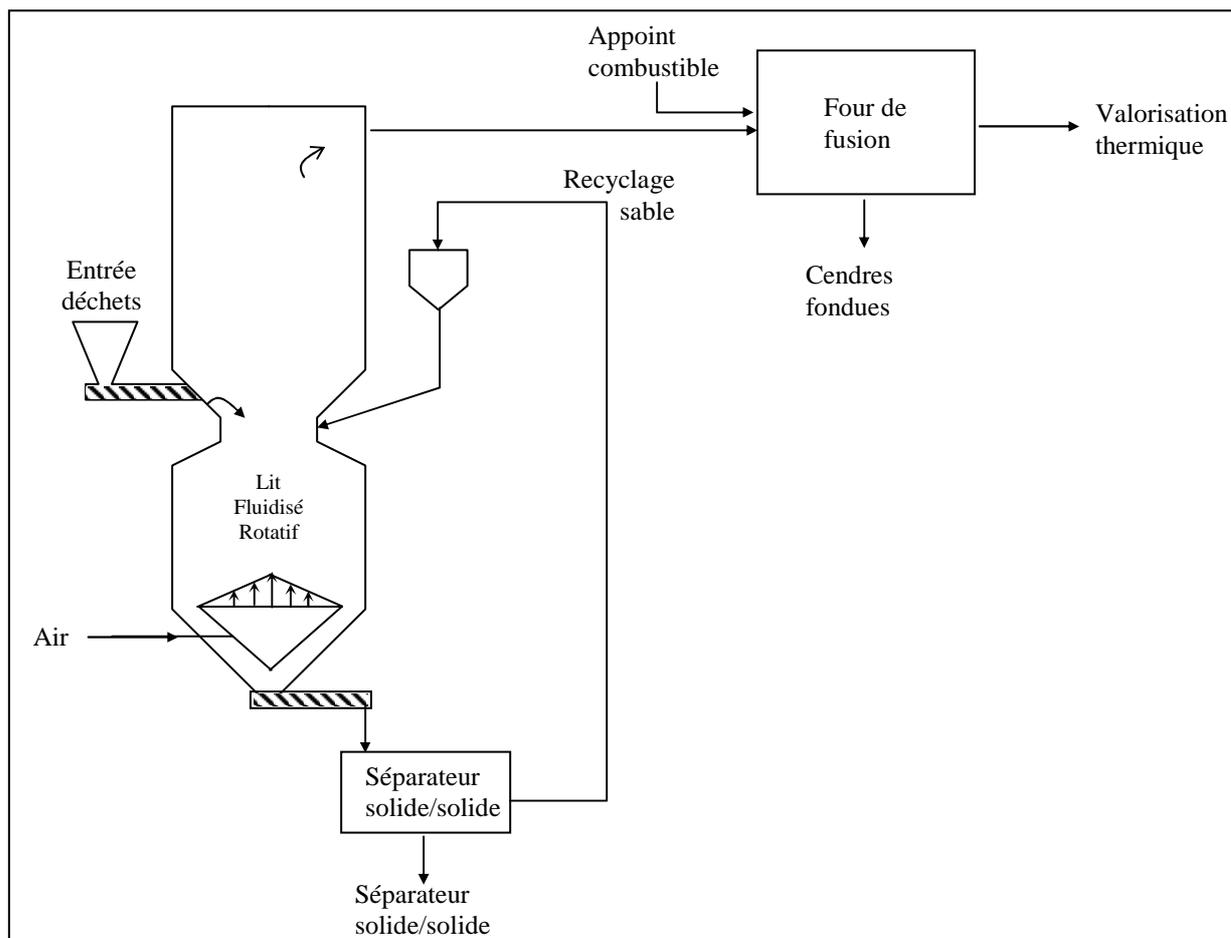


Figure 23: Schéma du procédé EBARA

Produits traités:

Combustibles solides, OM, RDF, RBA...

Réalisations :

Sodegaura, 1996 : 7 t/j pour 1,5 MWth (OM, RDF, déchets plastiques, résidus broyés d'automobile)

Fujisawa, 1997 : 24 t/j pour 4,8 MWth (OM, RDF, déchets plastiques, résidus broyés d'automobile)

Ritto, 2001, 38 t/j pour 9,1 MWth (déchets plastiques, déchets liquides, déchets médicaux)

Aomori, 2000 : 14,3 t/j pour 2*40 MWth (résidus broyés d'automobile, boues)

Jeestu City, 2000 : 15,7 t/j pour 2,2 MWth (boues sèches, déchets plastiques)

Krobe, 2000 : 63 t/j pour 7,4 MWth (résidus broyés d'automobile, déchets plastiques, copper slag, sorbents),

Sakata Area, 2002 : 2*98 t/j pour 2*12,3 MWth (OM)

Kuwaguchi, 2002 : 3*140 t/j pour 3*21 MWth (OM)

I.4.3 Gazéifieur à lit entraîné

Gazéifieur Shell à lit entraîné

Type : Gazéifieur pressurisé à lit entraîné

Principe :

Le procédé Shell de gazéification du charbon utilise le soufflage de l'oxygène pour l'établissement d'un lit entraîné de matière sèche. La pression de gazéification peut être supérieure à 50 bars.

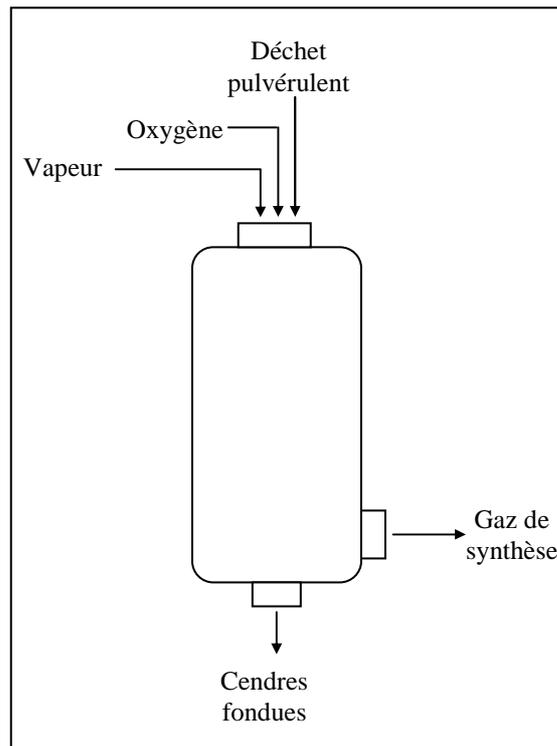


Figure 24: Schéma du gazéifieur Shell

La matière brute est pulvérisée (90 %, < 100 mm) et séchée après être transportée pneumatiquement par de l'azote. La réaction a lieu dans une gamme de température de 1300 – 1400 °C. Les cendres fondues coulent vers le bas du réacteur dans un réservoir d'eau où elles sont éteintes.

La composition du gaz produit généré avec soufflage d'oxygène est : (% en volumique sur sec)

CO = 62,2 % ; H₂ = 31,5 % ; CH₄ = 2,9 % ; CO₂ = 0,8 % ; N₂ = 2,6 %

Produits traités

Lignite, charbon bitumineux réactif, coke de pétrole (contenu de cendre < 25 %, température de fonte des cendres < 1300 °C).

Technologie de gazéification Noell

Type : Gazéifieur pressurisé à lit entraîné

Principe :

Le procédé Noell est à lit entraîné. Les réactifs alimentés par la partie haute du gazéifieur sont convertis par une réaction de flamme. Le rapport oxygène/combustible est équilibré pour maintenir la température de gazéification au niveau où les matières organiques sont fondues (1600-1800 °C). Le procédé de conversion Noell peut inclure un four pyrolyse rotatif en amont du gazéifieur à lit entraîné.

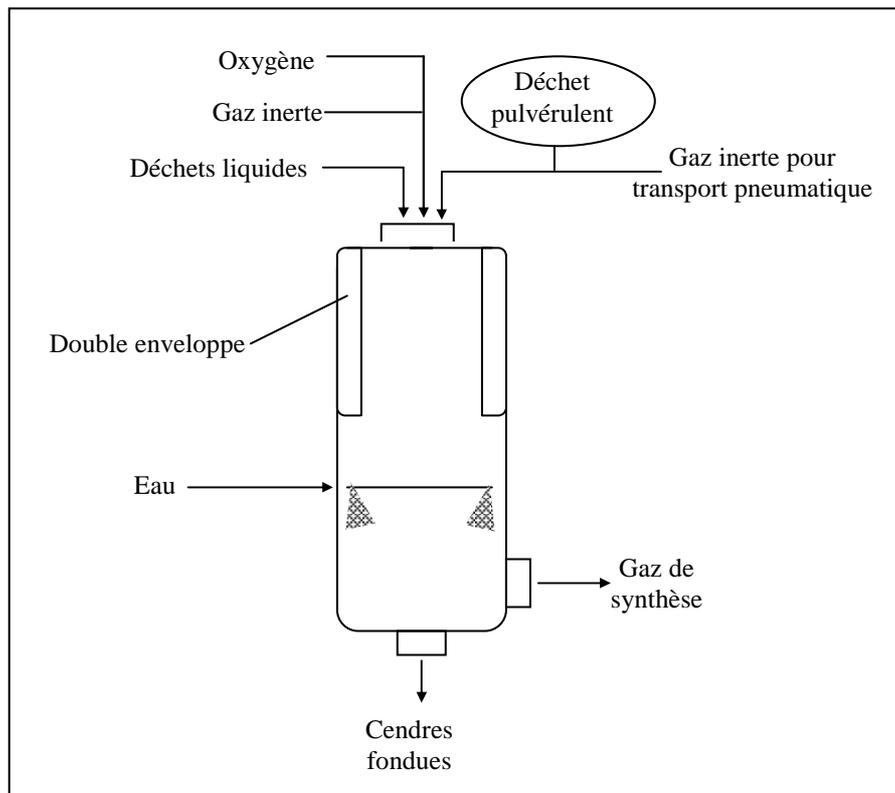


Figure 25: Schéma du procédé Noell

La composition du gaz produit :

Pour le charbon (25-32 MJ/kg, a base sèche) : $\text{CO}_2 = 3 \%$, $\text{CO} = 64 \%$; $\text{H}_2 = 28 \%$; $\text{CH}_4 < 0,1 \%$; ; $\text{N}_2 = 5 \%$, pour une capacité calorifique du gaz de 11,1 MJ/kg

Pour la biomasse (17-19 MJ/kg, a base sèche) : $\text{CO}_2 = 14 \%$, $\text{CO} = 52 \%$; $\text{H}_2 = 28 \%$; $\text{CH}_4 < 0,1 \%$; ; $\text{N}_2 = 6 \%$, pour une capacité calorifique du gaz de 9,3 MJ/kg

Pour le charbon (12-15 MJ/kg, a base sèche) : $\text{CO}_2 = 16 \%$, $\text{CO} = 49 \%$; $\text{H}_2 = 29 \%$; $\text{CH}_4 < 0,1 \%$; ; $\text{N}_2 = 6 \%$, pour une capacité calorifique du gaz de 9,4 MJ/kg.

Produits traités :

Boues de step, charbon

Réalisations :

SVZ Schwarse Pumpe (Hollande) : 130 MWth, avec un réacteur de refroidissement, pression : 25-26 bars, température 1600 °C, avec une génération de gaz brut de 40000 – 45000 m³/h, feedstock : déchets d'huile et boues.

Seal Sands/Middleborough (England) : 13,3 t/h. gazéification à 1200 - 1400°C, 29 bars, génération de 13100 Nm³/h de gaz de synthèse avec une capacité calorifique de 7,1 MJ/Nm³. feedstock : sulfates d'ammonium, résidus du nylon, composés polymères carbonés lourds, résidus organiques.

Freiberg/saches plant : 1,5 t/h boues de step, puissance du gazéifieur 7-10 MWth

Technologie Lurgi MPG

Type : Gazéifieur pressurisé à lit entraîné

Principe :

Le procédé de gazéification Lurgi MPG est un gazéifieur vertical à lit entraîné pour le traitement de certaines matières brutes.

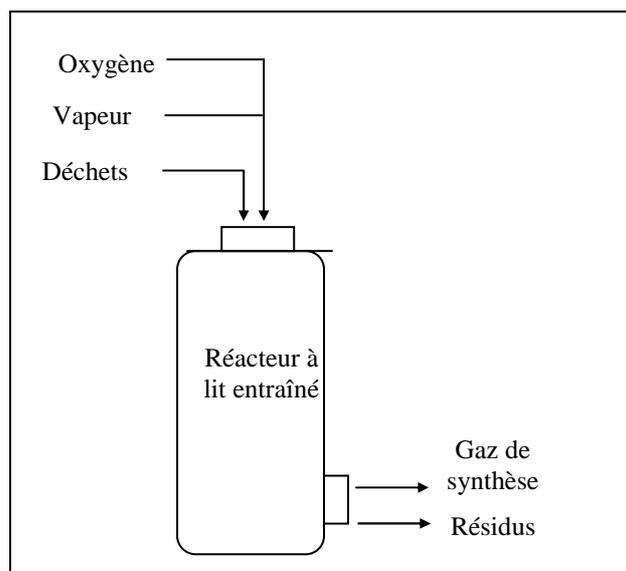


Figure 26: Schéma du gazéifieur Lurgi MPG

Les matières de base entrent dans le réacteur par-dessus à travers un brûleur. L'oxygène est mélangé à la vapeur comme un modérateur avant d'alimenter le brûleur. Selon la composition en matière de base, l'oxydant et la température de gazéification, le gaz de synthèse brut (H_2 , CO) contient un peu de carbone non converti, comme les cendres.

Les températures variant entre 1200 °C et 1450 °C, et Les pressions entre 30bars et 75 bars.

Comme agent de gazéification, ce gazéifieur peut utiliser la vapeur d'eau et/ou le dioxyde de carbone.

Produits traités :

Boues, goudrons, déchets industriels

Réalisations :

Jusqu'à présent, 212 unités de gazéification sous pression de Lurgi (charbon, pétrole, résidu, pertes, gaz) ont été installées dans le monde entier à 68 usines industrielles, comptabilité pour une capacité totale de 326.000.000 m³/jours.

Le réacteur de référence de MPG (Schwarse Pumpe) fonctionne à une pression de 24 bars et à une capacité calorifique de matière de base de 20 t/h équivalents à la production de 55.000 - partiel 60.000 m³/h de gaz de synthèse.

I.4.4 Pyro-Gazéification à deux étages

Pyro-Gazéifieur Pit-Pyroflam (Sanifa/Suez).

Type : Pyrogazéifieur atmosphérique à deux étages

Principe :

Le procédé Pit-Pyroflam pour la gazéification atmosphérique des déchets est basé sur l'utilisation d'un four rotatif horizontal légèrement incliné, divisé en deux zones, fonctionnant à contre courant entre la charge et les gaz de pyro-gazéification.

Une vis d'alimentation introduit les déchets qui entrent dans la première zone où le séchage et la pyrolyse endothermique de la charge sont réalisés par le courant des gaz chauds (600 – 700°C) générés dans la seconde zone. Le temps de séjour des solides dans la première zone est de l'ordre de 45 mn.

L'air est introduit par un distributeur tronconique dans deuxième zone, pour la génération de la chaleur interne et les réactions de gazéification dans une gamme de température de 750 – 850 °C. Le carbone résiduel étant complètement gazéifié à la sortie de cette zone, après 40 mn de temps de séjour, les cendres sont alors évacuées.

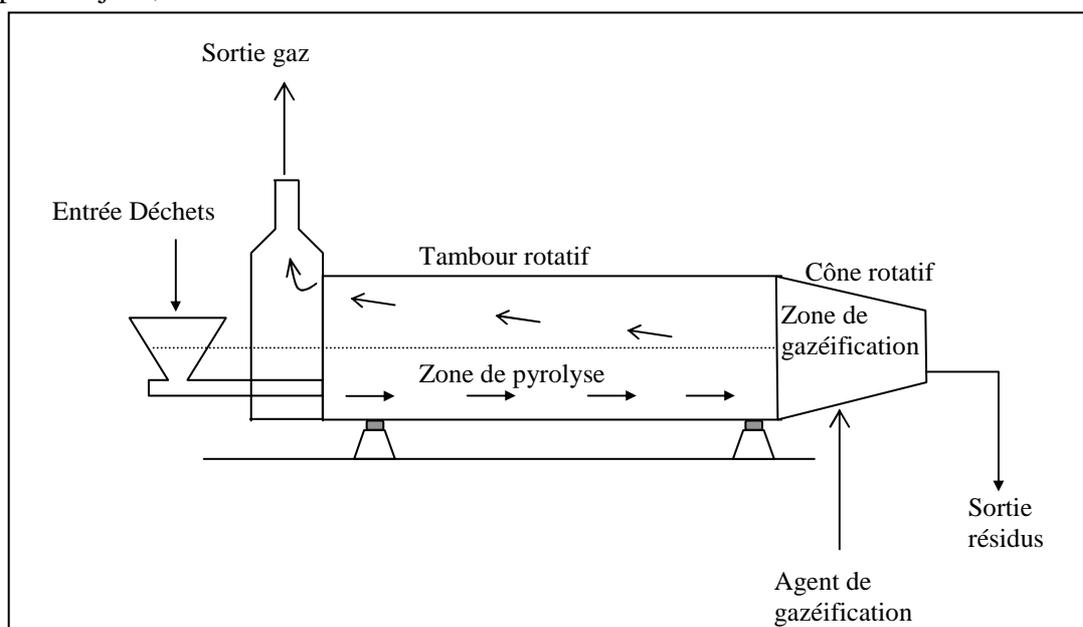


Figure 27: Schéma du gazéifieur du Procédé Pit-Pyroflam

Produits traités :

DIB, déchets des aéroports internationaux.

Réalisation

Unité à Budapest 11,000 t/an exploitée par la Lufthansa.

Une unité de traitement des DIB en Islande

Procédé Compact Power

Type : Pyrogazéifieur à deux étages

Principe :

Les composants principaux du procédé de pyrogazéification « Compact Power » sont :

- Un pyrolyseur se composant de deux pyrolyseurs, à vis, horizontaux tubulaires, 500 kg /h chacun, avec le chauffage externe par les gaz chauds (800 °C) provenant de la chambre de combustion des gaz produit dans des conditions à défaut d'oxygène.
- Une chambre de gazéification atmosphérique verticale, dans laquelle le charbon est produit par le pyrolyseur est introduit, avec air-vapeur d'eau comme agent gazéifiant

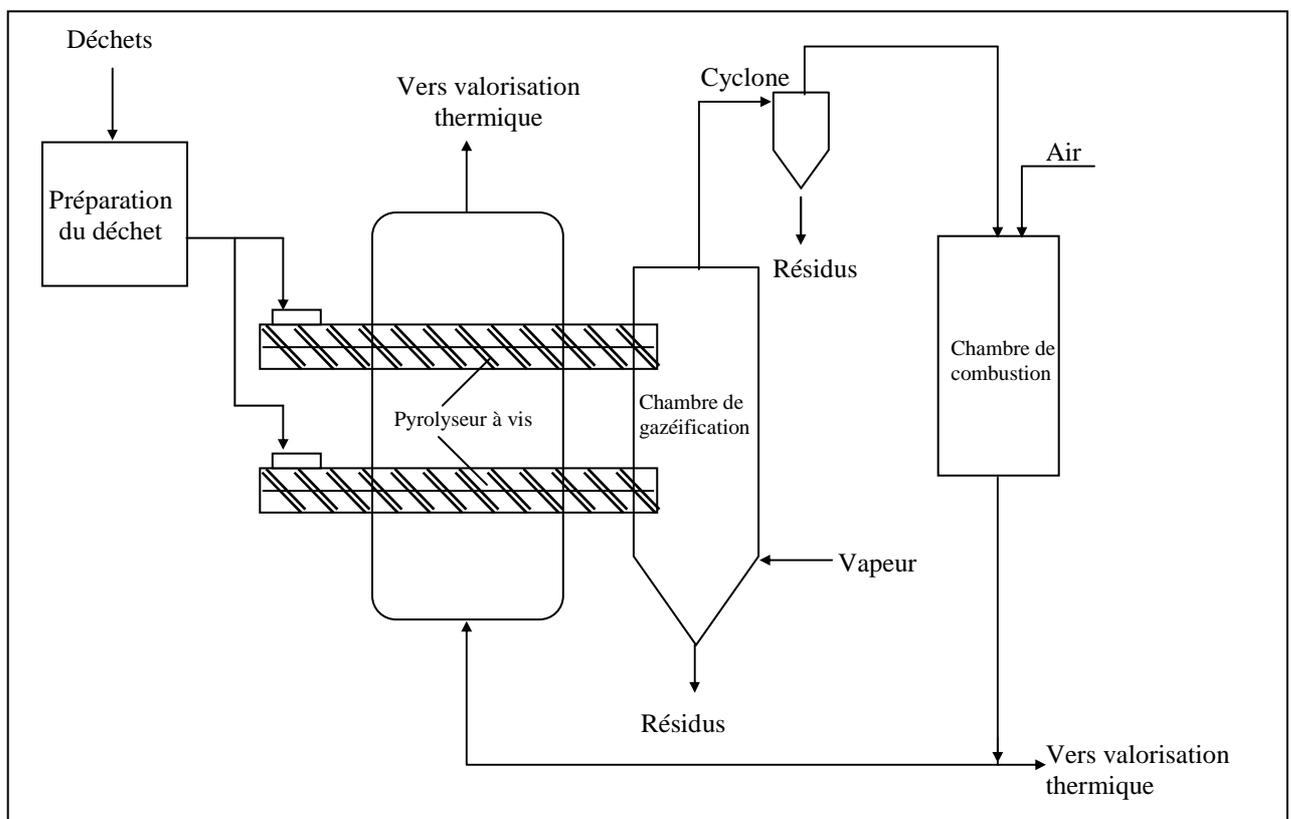


Figure 28: Schéma descriptif du procédé Compact Power

Le gaz produit est cyclonné et brûlé dans une chambre de combustion. Une partie des gaz chauds issus de la chambre de combustion sert à effectuer l'apport endothermique à la pyrolyse (chauffage indirect des pyrolyseurs à vis), le gaz excédentaire destiné à une valorisation thermique.

Produits traités :

Charbon, biomasse, O.M., déchets hospitalier

Réalisations

Unité pilote de 500 kg/h à Avonmouth/Bristol en Grande Bretagne pour le traitement d'ordures ménagères et de déchets hospitaliers.

Unité de 7,8 MWe installée à Ddagavel/Dumfries en grande Bretagne, pour le traitement de 60 000 t/an d'OM, en 2003.

Procédé Thermoselect

Type: Procédé de Pyro-gazéification à deux étages

Principe :

Les composants principaux du procédé Thermoselect sont :

- Un canal de dégazéification horizontal, chauffé de l'extérieur, où les déchets subissent un compactage à 20% de son volume original et subissent également un séchage et pyrolyse à basse température.
- Une chambre de gazéification/vitrification verticale, à haute température, où le charbon fournit, en continu, par le pyrolyseur est gazéifié par injection d'oxygène pur (400 kg/t de produit cru a base sèche), les minéraux sont vitrifiés (200 °C) et récupérés au fond de la chambre, le gaz produit est récupéré dans la partie supérieure à 1000-1200°C.

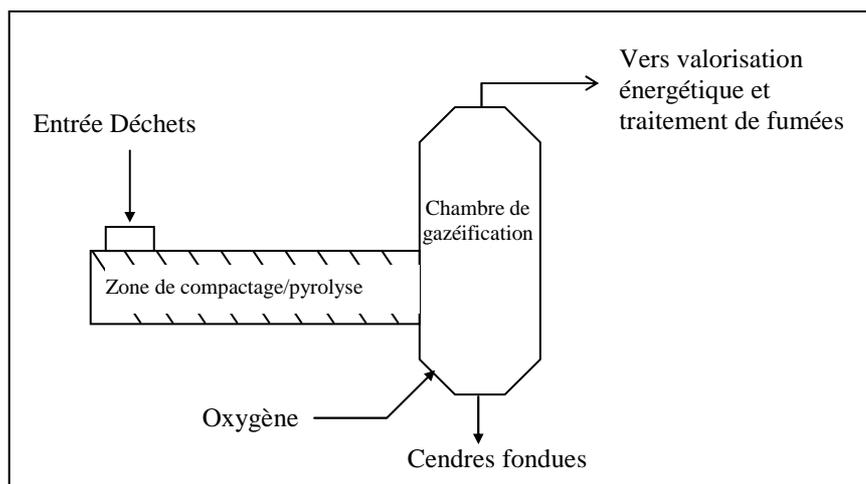


Figure 29: Schéma procédé Thermoselect

Une composition typique du gaz avec l'oxygène soufflé est : (% par volume)

$\text{CO}_2 = 24 \%$; $\text{CO} = 39 \%$; $\text{H}_2 = 39 \%$

Produits traités

Biomasse, déchets solides.

Réalisations

Allemagne	Karlsruhe	Trois unités 300 de t/j	1999
Japon	Chiba	Deux unités 150 de t/j	1999
Allemagne	Ansbach	Une unité de 300 de t/j	En cours
Suisse	Tessin	Deux unités 300 de t/j	En cours
Allemagne	Herten	Trois unités 300 de t/j	En cours
Allemagne	MKK(Hanau)	Quatre unités 150 de t/j	En cours
Allemagne	Berlin	Quatre unités 300 de t/j	En cours
Japon	Mutsu	Deux unités 70 de t/j	2000

Procédé Carbo V (Choren)

Type : Procédé de Pyro-gazéification à lit entraîné

Principe:

Le procédé Carbo-V est basé sur la gazéification à double étage Pyro-Gazéification :

- Pyrolyseur à basse température,
- Gazéifieur à lit entraîné à haute température.

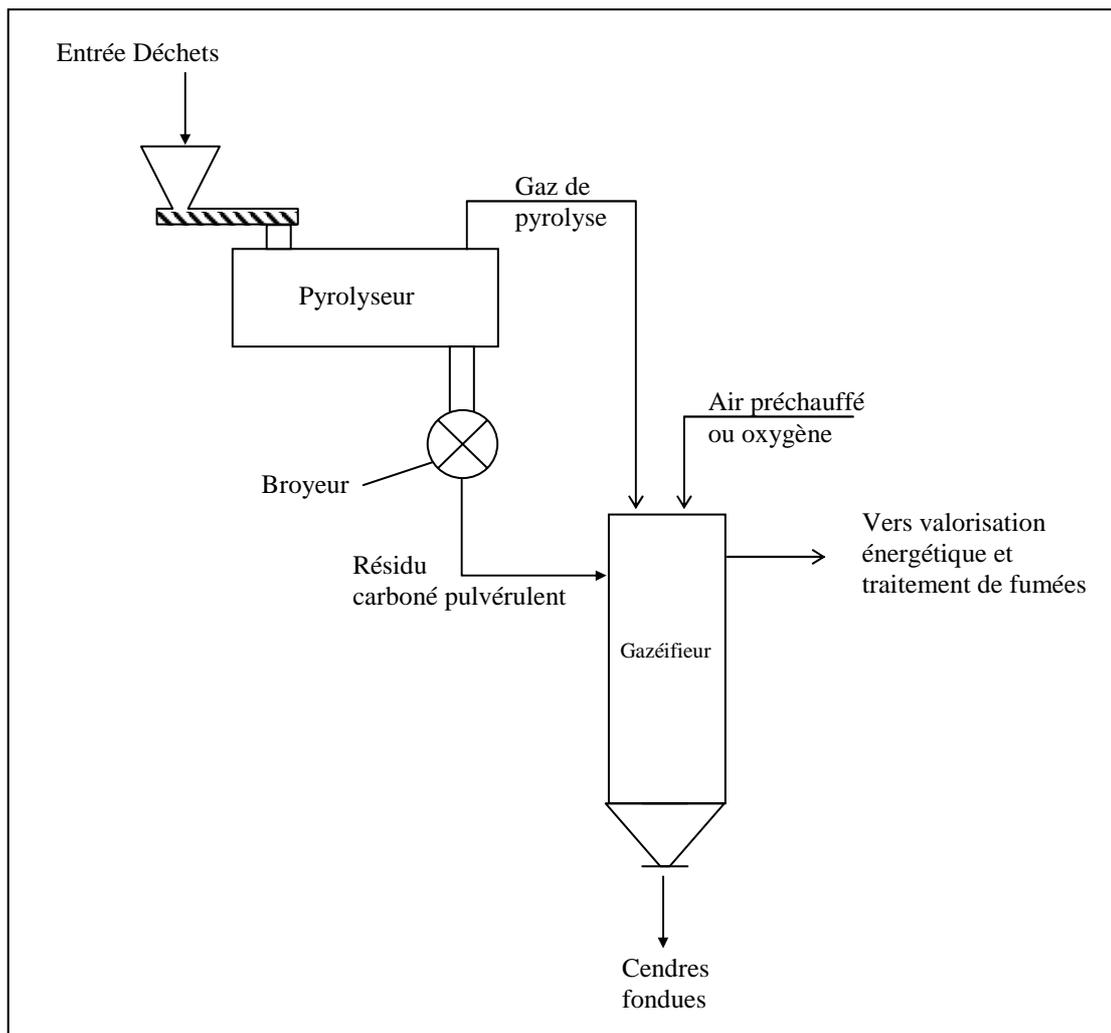


Figure 30: Schéma du procédé Carbo V

Ce procédé permet au gaz produit, libre de goudrons, d'être obtenu sans aucun pré-traitement catalytique et avec un grand résultat comparé à la technologie courante. Ce procédé utilise un gazéifieur à lit fixe où a lieu quatre processus : séchage, carbonisation à basse température, gazéification et combustion des cokes résiduelles.

Les matières à traiter sont décomposées par oxydation partielle à une température variant entre 400 et 500 °C, afin d'obtenir des composants volatils qui sont gazéifiés à une température de 1200 à 1600 °C.

Composition du gaz produit :

Composition	Gazéification à l'air		Gazéification à l'O ₂	
	% masse	% volume	% masse	% volume
CO	23,9	20,2	30,4	22,3
CO ₂	19,7	10,6	64,0	30,0
H ₂	1,8	20,5	4,6	46,5
H ₂ O	5,6	7,3	0,1	0,1
CH ₄	0,0	0,0	0,7	0,9
N ₂	49	41,4	0,2	0,2
H ₂ S	-	-	-	-
Total	100	100	100	100

Produits traités

Rebuts de bois, charbon, boues d'épuration, déchets industriels (agroalimentaire, biologique....).

Réalisations :

Une installation pilote de 1 MW_{th} a été construite sur le site de SAXONIA Industrial pour permettre la vérification technologique du procédé Carbo-V. Ce pilote a été conçu en même temps qu'une usine de recherche, et a été équipé d'un éventail de surveillance et contrôle technologique de telle façon que toutes les étapes du procédé peuvent être actionnées et évaluées. Le procédé Carbo-V a été envisagé avec succès pour une variété de matériaux d'alimentation pendant 3 ans (5 000 heures).

Procédé FICFB - Babcock Borsig

Type : Procédé de Pyro-gazéification à lit fluidisé circulant

Principe:

Le procédé de gazéification FICB « Fast Internally Circulating Bed gasifier », développé par l'Université Technique de Vienne et AE Energietechnik, est basé sur une gazéification à chambres séparées.

La réaction de gazéification a lieu en lit fluidisé dense par action de la vapeur d'eau. L'apport endothermique de la réaction de gazéification est assuré par la circulation du sable chaud issu d'un lit fluidisé circulant adjacent où a lieu la combustion du résidu carboné issu de la chambre de gazéification. Les fumées de combustion de cette chambre sont alors évacuées dans un circuit indépendant. Dans ces conditions, les gaz obtenus par gazéification à la vapeur d'eau ont un pouvoir calorifique élevé qui peut atteindre 12000 kJ/Nm^3 .

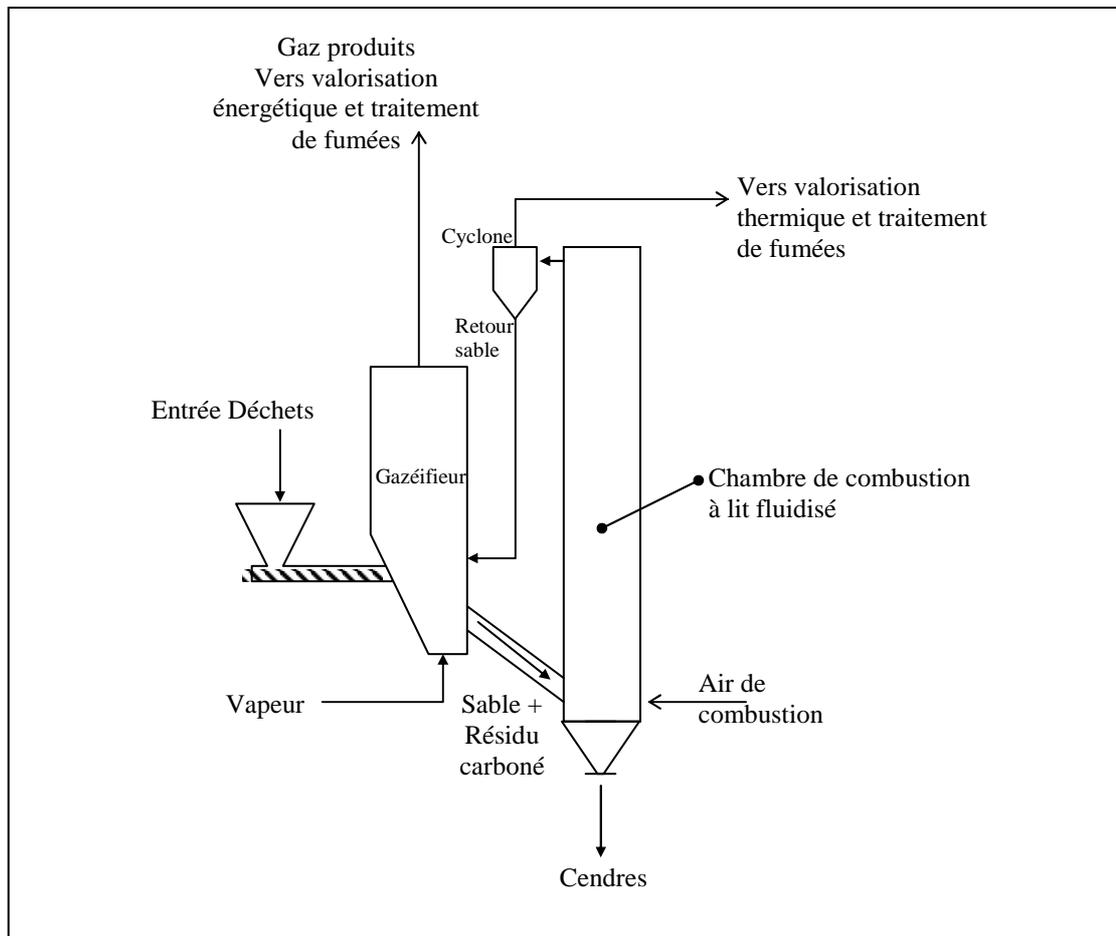


Figure 31: Schéma du procédé FICFB

Produits traités

Déchets de bois

Réalisations :

Unité à Guessing en Autriche an 2000, réalisée par Babcock Borsig Power, pour une production d'énergie combinée de 4,5 MW thermique et 2 MW électrique.

Procédé PKA

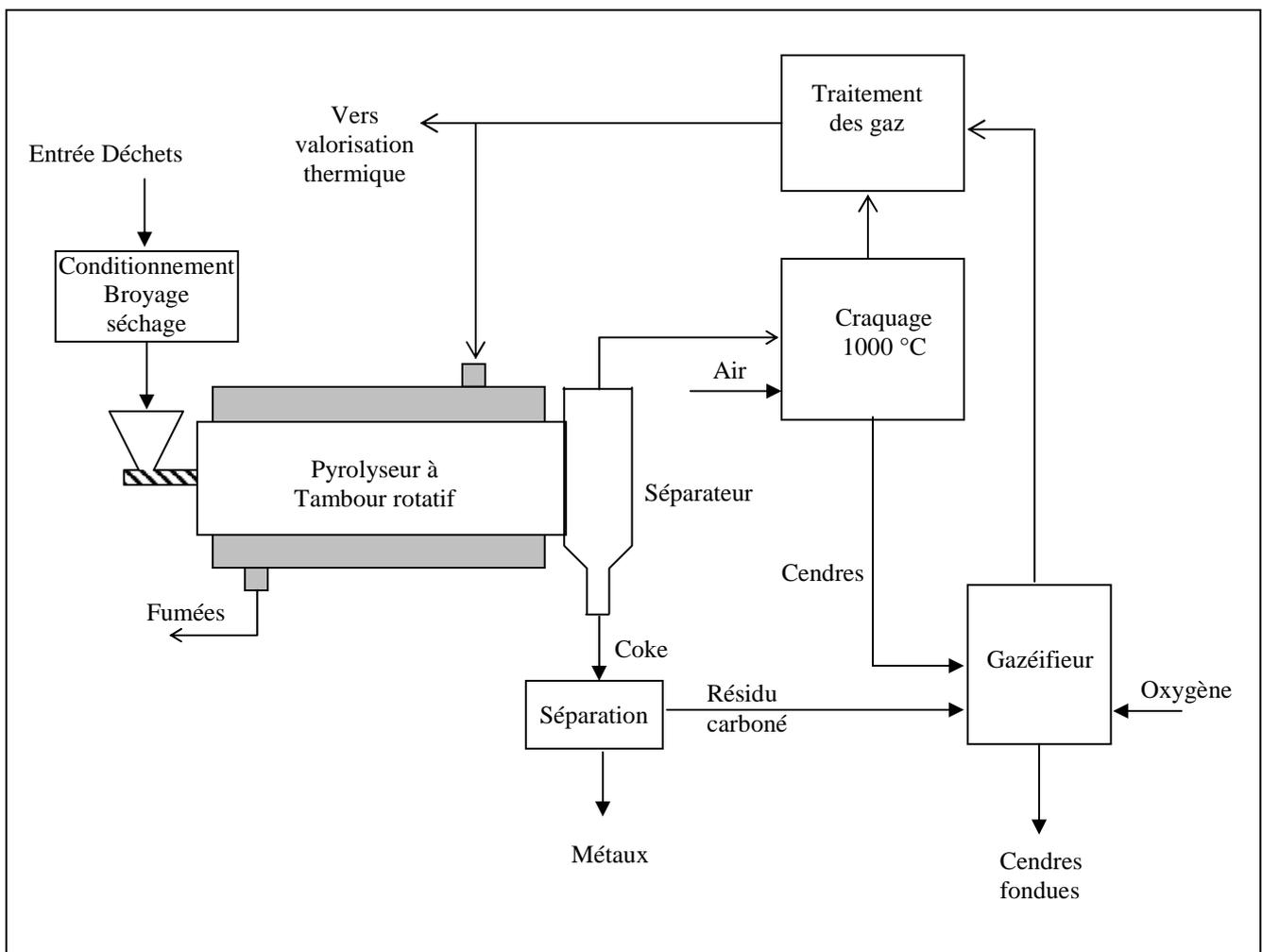
Type: Procédé de Pyro-gazéification à deux étages

Principe :

Le procédé PKA est basé sur une gazéification à double étage : un premier étage de pyrolyse à basse température, dans un tambour tournant à double enveloppe et un deuxième étage où est effectuée la gazéification dans deux chambres séparées :

- Une chambre de craquage des gaz de pyrolyse, fonctionnant à 1000 °C
- Une chambre de gazéification à l'oxygène à haute température (1500°C) où est effectuée la gazéification du résidu carboné issu de l'étape de pyrolyse ainsi que la fusion des cendres.

Les gaz issus de ces deux chambres sont dirigés vers un traitement des gaz puis dirigés vers une valorisation thermique. Une proportion de ce gaz sert à l'alimentation de la double enveloppe du pyrolyseur.



Produits traités

Déchets ménagers, pneus, DIB

Réalisations :

Toshiba est détenteur d'une licence du procédé PKA

Unité de 24 000 t/an d'O.M. à Aalen-Goldshöfen, Allemagne en 1999

Unité pilote de 25 kWth à Energieonderzoek Centrum Nederland, depuis 1997, pour des essais de déchets de bois, déchets plastiques

I.5 Avis et recommandations

Les technologies présentées en pyrolyse/gazéification de déchets (four tournant, lit dense, lit fluidisé avec apport interne ou externe de chaleur), sont en général bien maîtrisées dans leurs applications en incinération ou en combustion de charbon minéral. Ces mêmes technologies, quand elles sont utilisées pour la pyrolyse ou la gazéification de déchets, posent cependant des problèmes spécifiques.

Concernant les four tournants, ceux-ci sont robustes, bien adaptés à l'hétérogénéité des déchets. Cependant, en traitement pyrolytique, ils peuvent poser des problèmes d'étanchéité du fait des joints tournants. De plus, en cas d'apport externe de chaleur par une double enveloppe, les coefficients de transfert thermique restent faibles, limitant ainsi leur utilisation aux traitements en pyrolyse lente des déchets. L'utilisation d'un apport calorifique interne par les gaz de pyrolyse produits, à co- ou contre-courant de la charge, permet de s'affranchir de cette difficulté. Les procédés décrits en pyrolyse rapide, et qui assurant, eux des coefficients de transfert thermiques élevés, sont cependant souvent difficilement applicables au traitement des déchets, compte tenu de la micronisation préalable nécessaire à ces conditions de fonctionnement.

L'utilisation de lits fluidisés (dense ou circulant) nécessite une préparation poussée du déchet de façon à en fixer la plage granulométrique, par élimination de la fraction la plus grossière (entraînant des processus de défluidisation) et éventuellement, la fraction la plus fine non convertie en lit fluidisé. Ce type de prétraitement, plus ou moins poussé en fonction du déchet traité, est de nature à pénaliser l'évaluation économique globale du procédé. Les lits fluidisés rotatifs, qui ne nécessitent qu'une préparation grossière, ne présentent pas cet inconvénient.

En ce qui concerne les technologies de gazéification en lit fixe tombant (co- ou contre-courant), bien maîtrisées en gazéification du charbon/biomasse, leur utilisation pour le traitement des déchets s'avère limitée par les processus d'agglomération/fusion internes à la masse, conduisant à l'apparition de chemins préférentiels, voire de blocage.

D'une façon générale, les technologies présentées, qui mettent en œuvre un étagement entre l'étape de pyrolyse et celle de gazéification, permettent de lisser les hétérogénéités de forme et de composition, propres aux déchets solides. Un premier étage de pyrolyse à basse ou moyenne température permet, dans ces technologies, non seulement d'éliminer les processus de fusion/agglomération, mais également d'extraire les matières volatiles, dont le taux dépend fortement du type de déchet traité. Les cokes et goudrons produits sont en général gazéifiés dans un second étage, dans des conditions opératoires maîtrisées. Dans ce type de procédés, cet étagement permet non seulement de limiter la préparation du déchet, mais offre également la possibilité de retirer les éléments métalliques et minéraux du flux à traiter, avant son introduction dans le deuxième étage. Dans les cas où ce deuxième étage est un gazéifieur à lit entraîné, ceci permet de plus, un broyage intermédiaire fin des cokes produits, compatible avec des temps de séjours faibles en gazéification, permettant de réduire la taille des installations de gazéification concernées.

Pour la plupart des déchets traités, il est souhaitable de s'orienter vers des valorisations thermiques in situ, plutôt que des valorisations matière ou énergie ex-situ. En particulier, en pyrolyse lente moyenne température, les problèmes posés par la charge polluante incluse dans les cokes produits, sont de nature à limiter leur valorisation (matière ou énergie). De même, en pyrolyse sous pression réduite, la toxicité des jus pyrolygneux produits, leur acidité, en font

difficilement des combustibles liquides secondaires. Dans ces deux cas, la valorisation ex-situ n'est possible qu'après des post-traitements poussés, limitant ainsi la valeur économique de ces produits.

De même, les procédés visant à la valorisation matière par la fourniture de gaz de synthèse, en particulier les procédés de gazéification sous pression, ne sont généralement pas ou peu applicables à la plupart des gisements de déchets, compte tenu de la forte hétérogénéité et de la charge polluante des déchets.

Un certain nombre des réacteurs mis en œuvre, en particulier en pyrolyse sous vide, en bain de sels fondus, ou assistés à torche à plasma, restent délicats d'utilisation et/ou onéreux et reste de ce fait, réservé au traitement de certaines catégories de déchets industriels spéciaux.

Les technologies bi-étagées, qui, après pyrolyse ou gazéification dans un premier étage, effectuent une combustion complète des gaz et du résidu carboné produits, en présence d'un faible excès d'air, ou d'air enrichi en oxygène, ou d'oxygène pur, permettent de s'affranchir des contraintes d'une valorisation énergétique ex-situ des sous-produits combustibles. Pour certains procédés, les températures élevées atteintes dans le deuxième étage permettent de transformer les résidus ultimes en un vitrifiat très stable. Cette possibilité, permettant une vitrification intégrée, conduit en général à des coûts plus élevés que l'incinération classique, mais des coûts plus faibles que l'incinération classique + vitrification séparée des cendres volantes.

Les procédés de pyrolyse ou de gazéification intégrés, appliqués au traitement des déchets, permettent une valorisation énergie, par combustion des gaz produits et récupération par des dispositifs conventionnels de type chaudière/turbine à vapeur en cycle combiné. Dans les procédés décrits, l'épuration des fumées est alors réalisée par des dispositifs d'abattage conventionnels, connus en incinération.

Pour certains procédés, les constructeurs revendiquent la possibilité de valoriser les gaz produits en gazéification, en turbine à gaz. Cette possibilité n'est cependant guère envisageable, à court et moyen terme, dans le traitement des déchets, compte tenu des problèmes d'épuration poussée des gaz en vue de leur alimentation en turbine à gaz.

I.6 Fiches procédés

Dans ce qui suit, l'ensemble des procédés de pyrolyse et de gazéification identifiés par les auteurs de la présente étude ont été répertoriés. Les procédés décrits précédemment dans les parties I.3 et I.4, ont été inclus dans cette revue, mais d'autres procédés et/ou réalisations dans ce domaine y figurent, dans une tentative d'exhaustivité.

Chaque procédé est résumé sous forme d'une fiche indiquant les coordonnées du promoteur et résumant les principales caractéristiques et réalisations conduites à ce jour sur la base du procédé considéré, dans la mesure où ces informations ont pu être collectées par les auteurs.

I.6.1 Procédés de pyrolyse

Procédé BTG
<p>Adresse: P.O. Box 217 NL-7500 AE Enschede, The Netherlands Tel +31 53 489 28 97 Fax +31 53 489 31 16 Email: Office@btgworld.com</p>
DECHETS TRAITES
Biomasse, résidus de bois
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Procédé de pyrolyse rapide
REALISATIONS
Pyrolyse à cône tournant sur une échelle de 250 kg/h avec des résidus de bois

Procédé Mitsui R21
<p>Adresse: Mitsui Engineering and Shipbuilding Co, Ltd 4-6 Nishikasai 8-chome, Edogawa-ku, Tokyo 134-0088 Japan Tel: +81-3-3675-6748 Fax: +81-3-3675-7098 www.mes.co.jp</p>
DECHETS TRAITES
Ordures ménagères, déchets plastiques, Boues,
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Procédé de pyrolyse avec fusion des métaux, des cendres et débris en chambre secondaire
REALISATIONS
Unité de démonstration commerciale, Yame Seibu Clean Center, Japan, Mars 2000

Pyrolyse NESA (Fowsheet)

Adresse: Jean-pierre Mauchien
UMICORE Engineering
NESA Product Line
Rue du Bosquet 4
B-1348 Louvain-la –Neuve
Tel : 32 10 47 56 11
Fax : 32 10 45 04 01
Email : Jeanpierre.mauchien@umicore.com
www.nesasolution.be

DECHETS TRAITES

Déchets industriels solides, boues de station d'épuration

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Procédé de pyrolyse lente, Réacteur de pyrolyse à étages multiples.

REALISATIONS

Papeterie Zanders à Berglish Gladbach,
deux unité de traitant 4000 kg/h de boues à 34% de matières sèches, 1980
Unité traitant 5500 kg/h de boues, 1990

Installation de CIBA GEIGY à Monthey

Usine de Rochefort-sur-Nenon (JURA)

Procédé OKADORA
Adresse: 4-4-2 Sugita Isogo – ku Yokahoma, Kanagawa Japan 235-0033 Tel: 8145 774 0055 Fax: 8145 774 0048
DECHETS TRAITES
Déchets solides slurries
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Procédé de pyrolyse rapide
REALISATIONS

PEPS
Adresse: Plasma Energy Pyrolysis System (PEPS) Vanguard Research, Inc 10400 Eaton Place, suite 450, Fairfax VA 22030 Tel : (703) 934-6300 Fax : (703) 273- 9398 www.vrifix.com/peps/
DECHETS TRAITES
Déchets dangereux, Déchets industriels, Déchets hospitaliers
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Pyrolyse par torche à plasma avec combustion en second étage (pyrolyse intégrée) avec vitrification des résidus.
REALISATIONS
Unité de 10 t/j à Lorton (Virginie) pour déchets dangereux et déchets médicaux, 1998.

Procédé PyRos
<p>Adresse: Faculty of Engineering Technology Laboratory of Thermal Engineering P.O. Box 217 7500 AE Enschele Netherlands TÉL : +31 534892597- FAX : + 31 534893663 Email: e.a.bramer@ctw.utwente.nl</p>
DECHETS TRAITES
Biomasse
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
<p>Procédé de pyrolyse rapide Température : 500-600 °C :</p>
REALISATIONS
<p>Etude expérimentale dans un réacteur à petite échelle de 1kg/h à Université de Twente Projet soutenu par TNO-MEP, unité de pyrolyse de 30 kg/h</p>

Procédé Pyro Vac
<p>Adresse: Christian Roy 4 Laboratoire de recherche en pyrolyse Parc technologique du Québec métropolitain 333, rue Franquet Sainte-Foy (QC) G1P 4C7 – CANADA Téléphone (418) 656-7406 Télécopieur (418) 656-2091 Site internet http://www.newton.gch.ulaval.ca/~croy/</p>
DECHETS TRAITES
Déchets solides, matières plastiques
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
<p>Procédé de pyrolyse sous vide à 450°C, Pression : 0,15 atmosphère</p>
REALISATIONS
<p>Un pilote réalisé pour le traitement de déchets de matières plastiques.</p>

RMD

Adresse: Recuperacion Materiales
Diversos (RMD)
24 251 Ardoncino
Leon, Espagne

Tel : +34 987 28 88 99- Fax : +34 987 28 88 98
Email: termolisis@termolisis.com

DECHETS TRAITES

Pneumatiques usagés

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Pyrolyse en four à grille (500°C)

REALISATIONS

Unité de Ardoncino

Procédé Thermolysef
<p>Adresse: Jacques M. Fontaine Les Haubans, rue du Plateau 29217 PLOUGONVELIN France Tél :33-0298380107 Fax:33-0298380108 Email : jacques-fontaine@wanadoo.fr</p>
DECHETS TRAITES
Déchets agricoles, matières plastiques, matériaux d'emballage
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Procédé de pyrolyse en sel fondu
REALISATIONS

THIDE
<p>Adresse: THIDE ENVIRONNEMENT 19 Bis avenue Duguay Trouin N 78960 Voisins le Bretonneux TÉL : 01 39 30 94 50 - FAX : 01 39 30 94 51 Email : thide@thide.com</p>
DECHETS TRAITES
Déchets ménagers, DIB, RBA, Déchets de papier, boues de Stations d'épuration
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Procédé de pyrolyse lente.
REALISATIONS
<p>Usine de Nakaminoto, Japon 1997 1 t/h</p> <p>Usine d'Arthelyse, Communauté Urbaine d'Arras, France (62) 50.000 t/an de déchets OM, déchets de l'artisanat et des boues STEP (démarrage 2004)</p>

Von Roll RCP technology

Adresse:
Hardturmstrasse 133
P.O. Box 760
CH-8037 Zurich
Tel: +41 1277 11 11
Fax : +41 1277 11 13
www.vonroll.ch/inova

DECHETS TRAITES

Déchets, Ordures ménagères

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Procédé de pyrolyse avec fusion des métaux, des cendres et débris en chambre secondaire

REALISATIONS

Unité 6t/h de déchets ménagers à Bremerhaven, Germany depuis 1997
Unité de 50.000 t/an en Suisse.

Waste Gen

Adresse: Leicester Road- Wolvey
Hinckley, Leicestershire LE 10 3YF
UK
Tel: + (44) 1455- 22 27 60
Fax: + (44) 1455- 22 27 49

DECHETS TRAITES

Boues de step

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Pyrolyse en four tournant avec chauffage indirect et combustion séparée des gaz (pyrolyse intégrée).

REALISATIONS

.

Procédé WGT

Adresse: AJ Grimshaw
Unit 2 Vicarage Farm Business Park,
Winchester Road, Fair Oak Near Eastleigh, Hampshire SO50 7HD
UK
TÉL : +44 2380 695422 - FAX : +44 2380 695433

DECHETS TRAITES

Biomasse, OM, RDF, Boues de STEP, déchets plastiques, déchets animaux

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Procédé de pyrolyse lente à haute température

REALISATIONS

Usine de démonstration semi-commerciale, Novembre 1998
Unité de traitement des boues ayant une capacité de 500 kg/h, DTI/ETSU

I.6.2 Procédés de gazéification

AHT Pyrogas Vertriebs GmbH

Adresse: J.Ferges
Am Wildpahl
51429 Bergish Gladbach
Germany
Tel : +49 (0) 22 07 44 50
Fax : +49 (0) 22 07 44 50

DECHETS TRAITES

Bois de démolition, bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Lit fixe co-courant (downdraft)
Agent de gazéification: Air
Turbine à gaz
Application: Electricité

REALISATIONS

GNS-AHT, Halle
Saale-Lochau, Germany, 2000

BEV-Domsland
Domsland, Eckenforde, Germany, 2000

Babcock Wilcox Vølund

Adresse: Mr. Bjorn Teislev
Volund R&D Centre
Centervej 2
DK-6000 Kolding
Denmark
Tel : +45 7556 8874
Fax : +45 7556 8873
Email : vordbjt@post4.tele.dk

DECHETS TRAITES

Résidus agricoles,
Bois propre

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier co-courant à lit fixe (Updraft)
Agent : Air
Application : CHP

REALISATIONS

Harboøre
Harboøre, Denmark, 1994
Energie consommée: 4800 kWh
Energie fournie: 3200 kWt
COWI Haslev
Haslev, Denmark, 1996
Puissance thermique entrée: 2700 kWh
Puissance thermique sortie: 11000 kWt
Kommunekemi
Nyborg (West Fuenen), Denmark, 1996
Puissance thermique entrée: 2700 kWh
Ansager
Ansager (Central Jutland), Denmark, 2001
Puissance thermique entrée : 200 kWh
Puissance thermique sortie :

B9 Energy Biomass Ltd

Adresse: Debra Jenkins
Unit 22, Northland Road Ind. Estate
Northland Road, Derry City
BT48 0LD Co. Londonderry
United Kingdom
Tel : +44-2871.271520
Fax : +44-2871.308090
Email : d.jenkins@b9energy.co.uk

DECHETS TRAITES

morceau de bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier co-courant à lit fixe (downdraft)
Agent : Air
Turbine à gaz
Application : CHP

REALISATIONS

Blackwater Valley Museum
Armagh (tourist centre), United Kingdom, 1998
Puissance thermique entrée: 400 kWh
Puissance thermique sortie: 200 kWh

Technologie Biosyn

Adresse: Mr. Nicolas Abatzoglou, Ph.D., Director, Energy and Environment
Kemestrie Inc.
4220 Garlock
Sherbrooke, Quebec
J1L 2P4
Telephone: (819) 569-4888
Fax: (819) 569-8411
E-mail: kem@interlinx.qc.ca
Web site: <http://www.enerkem.com>

DECHETS TRAITES

Biomasse, OM, déchets industriels (plastiques, rebus,.....)

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier à lit fluidisé dense
Agent de gazéification: Air ou air Enrichi en oxygène
Application : Electricité

REALISATIONS

Enerkem, unité de production électrique d'une puissance de 7 MW, 2001

Enerkem, prototype d'une capacité de 150 kWe

Brightstar Environmental

Adresse: trym Lodge 1 Henbury Road
Westbury-on-Trym, Bristol
UK
Tel :+ 44 208 861 2777
Fax : +44 117 310 1321

DECHETS TRAITES

Déchets ménagers, DIB

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Gazéification couplée à un reformeur à la vapeur, pour l'alimentation de moteurs à gaz.

REALISATIONS

Unité de SWERF, 150.000 t/an pour déchets ménagers, à Whytes Gully, Nouvelles Galles du Sud, Australie, 2003

Carbona Inc.

Adresse: Mr. Kari Salo
Kaupintie 11
FIN 00440 Helsinki
Finland
Tel : +358 9 54071550
Fax : +358 9 54071540
Email : cb.hki@carbona.fi

DECHETS TRAITES

Déchets de bois, déchets de fuel, autres

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier co-courant à lit fixe (downdraft)
Agent : Air
Turbine à gaz
Application : CHP

REALISATIONS

Tampere, Enviropower, Finlande, 1993

Granite Falls, Minnesota, USA, 1995
Puissance: 75 MWe

Carbo V
Adresse: Carbo-v Umwelt-und Ennergietechnik Frauensteiner Str. 59 09599 Freiberg E-mail : uet-freiberg@t-online.de Site web : http://www.fee-ev.de/uet
DECHETS TRAITES
Rebuts de bois, charbon, boues de STEP, déchets industriels
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Gazéifier à lit fixe Agent de gazéification: Air Application : Chauffage
REALISATIONS
Pilote de 1 MWth de SAXONIA Industrial

Compact Power Ltd
Adresse:Hydro House Andrews Road Avonmouth Bristol BS11 9HZ United Kingdom Telephone(+44) 117 - 980 29 00 Fax(+44) 117 - 980 29 01 E-Mail info@compactpower.co.uk Internet www.compactpower.co.uk
DECHETS TRAITES
Charbon, biomasse
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Pyrogazéifieur à deux étages Agent de gazéification: Air Application :
REALISATIONS
Trois unités commerciales compact ont été installées (80000-32000 t/an)

COSMO POWERTECH PVT. LTD.

Adresse: B. V. Ravi Kumar
Near Jain Public School, Devpuri, Dhamtari Road,
492 015 Raipur (Chattisgarh)
India
Tel : 91-771-5011262
Fax :
Email : cosmo_powertech@yahoo.co.in

DECHETS TRAITES

Résidus agricoles , bois, autres

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier co-courant à lit fixe (downdraft), lit à contre-courant fixe (updraft)
Agent : Air, vapeur
Application : chauffage

Cratech

Adresse: Joe D. Craig
P.O 70 TX 79373 Tahoka
United States
Tel +1-806.327.5220
Fax : +1-806.327.5570
Email : cratech@onramp.net

DECHETS TRAITES

Résidus agricoles

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier à lit de fluidisation de bouillonnement pressurisé
Agent :
Application : Electricité

REALISATIONS

Cratech
Tahoka, Texas, United States, 1996

Easymod Energiesysteme GmbH

Adresse: M. Kim
Am Stadtpark 28
19258 Boizenburg
Germany
Tel +49 (03 88 47) 5 02 76
Fax :
<http://www.easymod.com>

DECHETS TRAITES

Déchets de bois.

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier à co-courant à lit fixe
Agent de gazéification: Air
Turbine à gaz
Application : CHP

REALISATIONS

Easymod AG
Boizenburg, Germany , 1998

Puissance électrique sortie: 3500 kWe

EBARA (Japon)

Adresse: 1-6-27, Konan, Minato-ku,
Tokyo 108-8480 Japon
Téléphone +81-3-5461-6111
Fax +81-3-5461-5780
<http://www.ebara.co.jp>

DECHETS TRAITES

·
Combustibles solides, OM, RDF, RBA

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier pressurisé à lit fluidisé rotatif (0,5-1,6 MPa)
Agent de gazéification:
Application :

REALISATIONS

Sodegaura, 1996

Puissance de l'unité de gazéification : 7t/j pour MWth

Fujisawa, 1997

Puissance de l'unité de gazéification : 24t/j pour 4,8 MWth

Ritto, 2001

Puissance de l'unité de gazéification : 38t/j pour 9,1 MWth

Aomori, 2000

Puissance de l'unité de gazéification : 14,3t/j pour 2* 40 MWth

Jeestu City, 2000

Puissance de l'unité de gazéification : 15,7 t/j pour 2,2 MWth

Kobe, 2000

Puissance de l'unité de gazéification : 63t/j pour 7,4 MWth

Sakata Area, 2002

Puissance de l'unité de gazéification : 2*98t/j pour 2* 12,3 MWth

Kuwaguchi, 2002

Puissance de l'unité de gazéification : 3*140 t/j pour 3*21 MWth

ENERGOS / ENER-G Group

Adresse:

Tel +47 51 84 49 00

Fax : +47 73 57 11 01

Email : stefan.bremer@energoss.com

www.energoss.com

DECHETS TRAITES

Déchets ménagers

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Pyrogazéification

Réduction du carbone fixe sur grille mobile suivie d'une postcombustion des gaz.

REALISATIONS

Averoy- Norvège- 30.000 t/an d'OM, 2000

Hurum- Norvège- 33.000 t/an- 2001

Haparanda- Suède, 30.00 t/an

Minden- Allemagne- 35.000 t/an

FERCO

Adresse: Mark Paisley
3500 Parkway Lane
Suite 440
Norcross, GA
United States
Tel : 770-662-7800
Fax : 770-662-7807
Email : markpaisley@future-energy.com
www.future-energy.com

DECHETS TRAITES

les résidus agricoles, écorces, bois propre, bois de démolition, les collectes herbacées, MSW, Balle de riz, Paille, carburant basé de rebut, déchets de bois, morceaux de bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : autre
Agent de gazéification: vapeur
Turbine à gaz
Application : autre

REALISATIONS

FERCO
Burlington, VT, United States, 1998
Puissance thermique entrée: 70000 kWh
Puissance thermique sortie : 40000 kWt

FICFB

Adresse: Mr. Gerald Steinwender
Siemensstrasse 89
A-1211 Wien
Austria
Tel : +43 1 25045 4323
Fax : +43 1 25045 155
Email : Gerald_steinwender@bb-power.at
www.bb-power.at

DECHETS TRAITES

Ecorce, Bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Lit fluidisé circulant pressurisé
Agent de gazéification: Air

Application: Co-combustion

REALISATIONS

BioCoComb
Zeltweg, Austria, 1998
Puissance thermique entrée :
Puissance thermique sortie : 10.000 kWt

BKW Guessing
Guessing, Austria, 2000
Puissance thermique entrée :
Puissance thermique sortie : 4500 kWt

FLS miljø a/s

Adresse: Karsten Felsvang
Ramsingsvej 30
DK-2500 Valby, Copenhagen
Denmark
Tel : +45-36181100
Fax : +45-36174599
Email : kfe@flsmiljo.com
www.flsmiljo.com

DECHETS TRAITES

Bois de démolition, Déchets pétroliers

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : lit fluidisé circulant atmosphérique
Agent de gazéification : Air
Turbine à gaz
Application : CHP

REALISATIONS

Lemvig Varmewærk
Lemvig, Denmark, 2003

Foster Wheeler Energia Oy

Adresse: Timo Anttikoski
P.O. Box 201
FIN-78201 Varkaus
Finland
Tel +358 10 393 7257
Fax : +358 10 393 7939
Email : timo.anttikoski@fwfin.fwc.com

DECHETS TRAITES

Sciure, Résidus de bois sec.

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier atmosphérique à lit fluidisé circulant
Agent de gazéification: Air
Application : CHP, Chauffage

REALISATIONS

Oy Wisaforest ab, Jakobstad, Finland

Puissance de l'unité de gazéification : 35 MW

Norrsundet Bruk Ab, Norrsundet, Sweden

Puissance de l'unité de gazéification : 27 MW

Assi Karlskog Bruk, Sweden

Puissance de l'unité de gazéification : 27 MW

Portucell, Rodao Mill, Portugal

Puissance de l'unité de gazéification : 17 MW

Varnamö, Suède, 1997

Grubl

Adresse: Klaus Witzman
Stubenberg am See 213
A-4223 Stubenberg
Austria
Tel : +43-3176-81270
Fax : +43-3176-81274
Email : gat.witzman@aon.at

DECHETS TRAITES

écorce, bois propre, paille, déchets de bois, morceaux de bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type Le lit fixe co-courant (downdraft)
Agent de gazéification: Air, vapeur
Turbine à gaz
Application: CHP, Electricité, chauffage

REALISATIONS

Demonstration plant Grubl
Stubenberg am See 213, Austria, 1998
Puissance thermique entrée : 350 kWh
Puissance thermique sortie : ~200 80 kWt
Verein der Natur
Labischweg 4, Gamlitz, Austria, 1999
Alois Hofer
Neudorf 28, Pischelsdorf, Austria, 1997
Karl Hadler
Breitegg 23, St. Ruprecht an der Raab, Austria
Josef Graschy
Hundsdorf 4, Judendorf, Austria, 1999
Harald Feichter
reibacherstrasse 14, Lanskron, Austria, 2001
Nahwärmeverband
Pischeldorf, Austria, 2001

Krupp Uhde GmbH

Adresse: Joachim Wolff
Friedrich-Uhde-Strasse 15
44141 Dortmund
Germany
Tel : +49 231 547 3734
Fax : +49 231 547 3382
Email : information@kud.thyssenkrupp.com
<http://www.ThyssenKrupp.com/Uhde>

DECHETS TRAITES

résidus agricoles, écorce, charbon de bois, bois propre, bois de démolition, collectes herbacées, MSW, balle de riz, , carburant basé de rebut, déchets bois, autres.

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type Lit fluidisé circulant atmosphérique, Lit fluidisé circulant pressurisé
Agent de gazéification: Air, air enrichi, oxygène, vapeur

Application : CHP Co-combustion, électricité, chaleur, autre

REALISATIONS

LURGI CFB

Adresse: Claus Greil
Lurgi-Allee 5
P.O. Box 11 12 31
60295 Frankfurt am Main
Germany
Tel +49 (69) 58 08-0
Fax : +49 (69) 58 08-38 88
Email : claus_greil@lurgi.de
<http://www.lurgi.com/deutsch/index1.html>

DECHETS TRAITES

Lignite, Charbon bitumeux, biomasse, déchets solides

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier à lit fixe
Agent de gazéification: Oxygène-vapeur d'eau, Oxygène-CO₂
Application :

REALISATIONS

Unités en Allemagne et en Australie, 15000 t/an de biomasse (85 MWth)

Lurgi Energie und Umwelt GmbH

Adresse: Claus Greil
Lurgi-Allee 5
P.O. Box 11 12 31
60295 Frankfurt am Main
Germany
Tel +49 (69) 58 08-0
Fax : +49 (69) 58 08-38 88
Email : claus_greil@lurgi.de
<http://www.lurgi.com/deutsch/index1.html>

DECHETS TRAITES

Bois de démolition, Ecorces, Résidus agricoles, pailles

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifieur pressurisé à lit fixe contre-courant
Agent de gazéification: Air, vapeur d'eau
Application : CHP

REALISATIONS

AMER Power Station
Geertruidenberg, Netherlands, 2000
Puissance thermique entrée : 85000 kWh
Puissance thermique sortie :
Zellstoffwerke Pöls
Pöls, Austria, 1987
Puissance thermique entrée : 27000 kWh
Puissance thermique sortie :
Lurgi pilot CFB
Frankfurt, Germany, 1994
Puissance thermique entrée : 1700 kWh
Puissance thermique sortie :
Bioelettrica
Cascina (near Pisa), Italy, 2002
Puissance thermique entrée : 45000 kWh
Puissance thermique sortie : 41000 kWt
Rüdersdorf Zement
Rüdersdorf, Germany, 1996
Puissance thermique entrée : 100000 kWh
Puissance thermique sortie : 80000 kWt

Martezo

Adresse: M. Touillet
237 Route de Paris
BP 419
86010 Poitiers
France
Tel :+ +33-549.370203
Fax : +33-549.373979
Email : Martezo@cyberscope.fr
<http://www.martezo.fr/indexa.html>

DECHETS TRAITES

charbon de bois, déchet de bois, bois propre

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Lit fixe co-courant (downdraft)
Agent de gazéification: Air
Turbine à gaz
Application : CHP, Electricité

REALISATIONS

RAUD
France, 1983
Puissance thermique entrée :
Puissance thermique sortie : 100 kWe
Briolet
France, 1987
Puissance thermique entrée :
Puissance thermique sortie : 200 kWe
Herning
Hogild,Denmark, 1995
Puissance thermique entrée : 800 kWh
Puissance thermique sortie : 600 kWt

MTCI (Thermochem Inc)

Adresse : R Chandran
6001 Chemical Road
MD 21226 Baltimore
United States

Tel +1-410.354.0420
Fax : +1-410.354.0471
Email : rchandran@mecionline.net

DECHETS TRAITES

Boues, Biomasse, liqueur noir, déchets liquides

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : lit fluidisé dense
Agent : vapeur
IGCC
Application : CHP

REALISATIONS

Unité de démonstration, Santa Fe Springs, 1984
12 t/j , RDF, Biomasse

Unité DoE and US Environmental Protection, Baltimore
50 t/j Charbon, Bois, Paille de Blé, Biomasse

Unité de Inland Container Corporation, Ontario, Canada, 2002
25 t/j de liqueur noir

EF Electro-Farming Energie- und Umwelttechnik GmbH, Germany, 2002
1,3 t/h de Biomasse, soit une puissance de 1,9 MWe.

ECS Energie Consulting und Service GmbH (ECS), Vetschau, Germany 2002
5 t/h de biomasse, soit une puissance de 5.5 MWe.

Nippon Steel (NS)

Adresse:

6-3, Otemachi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071

Japon

Téléphone +81-3-3275-6122

Fax +81-3-3275-5983

<http://www.nsc.co.jp>

DECHETS TRAITES

Déchets pétroliers, résidus d'incinération, déchets industriels et hospitalier

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier atmosphérique à lit fixe co-courant

Agent : Air

REALISATIONS

Quatre unités opérationnelles au Japon : 36000-110000 t/an de déchets municipaux, industriels ou médicaux.

NKK

Adresse : 1-1-2, Marunouchi, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8202
Japan
www.nkk.co.jp/en/

DECHETS TRAITES

Déchets hospitaliers- Effluents de Tannerie

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Procédé de gazéification à lit fixe tombant, à contre courant assistée par une torche à plasma pour le craquage des gaz produits.

REALISATIONS

NOELL-KRC Energie- und Umwelttechnik GmbH

Adresse: Dr Magnus Jaeger
Hamburger Str. 15
41540 Dormagen
Germany
Tel : +49 0931 903 1268
Fax : +49 9031 903 1000
<http://www.noell.de>

DECHETS TRAITES

carburant basé de rebut

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type :
Agent de gazéification: oxygène

Application : chauffage

REALISATIONS

Noell - Freiberg
Freiberg, Germany, 1998

Puissance thermique entrée : 130 MWth
Puissance thermique sortie :

PARCON
<p>Adresse: Plasma environmental technology Inc 4145 North Service Road, suite 200 Burlington, ON L7L 6A3 Canada Tel : (905) 332-96 93 Fax : (905) 332-97 92 www.plasmaenvironmental.com</p>
DECHETS TRAITES
<p>Déchets dangereux- Déchets hospitaliers-Pneus usagés</p>
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
<p>Type : Gazéification assistée par Plasma Agent de gazéification: Plasma</p>
REALISATIONS

Pit-Pyroflam (Sanifa/Suez)

Adresse:

C/o SITA

132 avenue des Trois Fontanot

92578 Nanterre Cedex

France

Tel : + 33 (0) 1 42 91 65 99 - Fax : + 33 (0) 0142 91 68 84

Email : sylvie.roisnel@sita.fr

DECHETS TRAITES

Déchets solides, déchets des aéroports internationaux

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Pyrogazéifieur atmosphérique à deux étages

Agent de gazéification: Air

Application : Récupération et valorisation de la chaleur

REALISATIONS

Unité à Budapest

11,000 t/an exploitée par la compagnie Lufthansa

Unité DIB en Island

PKA

Adresse **Thomas Malkow**

Institute for Energy, JRC Petten, Postbus 2, 1755 ZG, Petten,
Netherlands

Email : thomas.malkow@imf.fzk.de

DECHETS TRAITES

Déchets ménagers, pneus, DIB

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Procédé de Pyro-gazéification à deux étages

Agent de gazéification : Oxygène

Application : Electricité

REALISATIONS

Aalen-Goldshöfen, Allemagne, 1999
24000 t/an d'O.M.

Energieonderzoek Centrum, Nederland, 1997

Puissance thermique : 25 kWth

PPS Pipeline Systems GmbH

Adresse: Herr Bizaj / Frau Glüsenkamp
Pfaffenstr. 11
49610 Quakenbrück
Germany
Tel : +49 (0 54 31) 1 86-170
Fax : +49 (0 54 31) 1 86-200
Email : wa@pipelinesystems.de
<http://www.pipelinesystems.com>

DECHETS TRAITES

bois propre, bois de démolition, déchets de bois, morceau de bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Lit fixe co-courant (downdraft)
Agent de gazéification: Air
Turbine à gaz
Application: Electricité, chauffage

REALISATIONS

Sachsenholz AG
09834 Siebenlehn, Germany, 1998
Puissance thermique entrée : 9500 kWh
Puissance thermique sortie : 4500 kWt

Elbe-Elster Holzkraft AG
04910 Elsterwerda, Germany 2000/2001
Puissance thermique entrée : 2 x 9500 kWh
Puissance thermique sortie : 7500 kWt

PRIMENERGY, Inc

Adresse: PRIMENERGY, Inc
W.N. Scott
P.O. Box 581742
74158 Tulsa, OK
United States
Tel : +1-918.835.1011
Fax : +1-918.835.1058
sales@primenergy.com
www.primenergy.com

DECHETS TRAITES

Ordures ménagères, Déchets agricole, déchets de bois, écorces, balles de riz, bois de démolition

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : le lit fixe à contre courant (updraft)
Agent de gazéification: Air
Application : CHP, co-combustion, Electricité, Chauffage

REALISATIONS

PRME Stuttgart
Stuttgart, Arkansas, United States, 1982, 1983
Puissance thermique entrée : 10400 kWh
Puissance thermique sortie : 7500 kWt
Tulsa
Oklahoma, United States 1996
Puissance thermique entrée : 5000 kWh
Puissance thermique sortie : 4500 kWt
PRME Jonesboro
Jonesboro, Arkansas, United States, 1996
Puissance thermique entrée : 22.000 kWh
Puissance thermique sortie : 16.000 kWt
PRME Greenville
Greenville, Ms, United States, 1995
Puissance thermique entrée : 50.000 kWh
Puissance thermique sortie : 17.500 kWt

Procone Vergasungssysteme GmbH

Adresse: A. Fürst
Mittelgänstrasse 20
4617 Gunzgen
Switzerland
Tel : +41 62 216 80 80
Fax : +41 62 216 80 81
Email : procone@swissonline.ch
<http://www.homepage.swissonline.ch/procone/>

DECHETS TRAITES

résidus agricoles, charbon de bois, bois propre, bois de démolition, collectes herbacées,
Balle de riz, Paille, carburant basé de rebut, déchets de bois, morceaux de bois

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type Le lit fixe co-courant (downdraft) dessus ouvert, Lit fixe contre-courant (updraft)
Agent de gazéification: Air

Application: Electricité, chauffage

REALISATIONS

Espenhain
Espenhain, Germany, 1997
Puissance thermique entrée :
Puissance thermique sortie :
Elbe-Elster Holzkraft AG
04910 Elsterwerda, Germany 2000/2001
Puissance thermique entrée : 2 x 9500 kWh
Puissance thermique sortie : 7500 kWt

Resorption Canada Ltd
<p>Adresse: Randy Bennett 2610 Del Zotto Avenue Gloucester, Ontario CANADA K15 3V7 Tel (613) 831-0590 www.rcl-plasma.com</p>
DECHETS TRAITES
Déchets dangereux, déchets ménagers, déchets hospitaliers
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Gazéification / vitrification par torche plasma
REALISATIONS
Unité pilote Barcelone 2004

SOLENA
<p>Adresse: Dennis Miller Ronald Reagan Building and Intl Trade Center 1300 Pennsylvania Ave Washington D.C. 20.004 Tel: (202) 628-2405 www.solenagroup.com</p>
DECHETS TRAITES
Déchets dangereux, déchets ménagers, déchets hospitaliers
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Gazéification / vitrification par torche plasma en production d'électricité par turbine à gaz.
REALISATIONS
Rome 2004, Unité de gazéification (336 t/j) d'ordures ménagères torche externe

Shell

Adresse: Joachim Wolff
Friedrich-Uhde-Strasse 15
44141 Dortmund
Germany
Tel : +49 231 547 3734
Fax : +49 231 547 3382
Email : information@kud.thyssenkrupp.com
<http://www.ThyssenKrupp.com/Uhde>

DECHETS TRAITES

résidus agricoles, écorce, charbon de bois, bois propre, bois de démolition, collectes herbacées, MSW, balle de riz, carburant basé de rebut, déchets bois, autres.

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Lit entraîné pressurisé
Agent de gazéification: Air, air enrichi, oxygène, vapeur
Application : CHP Co-combustion, électricité, chaleur, autre

REALISATIONS

TPS Termiska Processer AB

Adresse: Erik Rensfelt
Studsvik
611 82 Nyköping
Sweden
Tel :+46 155 22 13 00
Fax : +46 155 26 30 52
Email: erik.rensfelt@tps.se
<http://www.tps.se>

DECHETS TRAITES

.
Biomasse bois, RDF

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier atmosphérique à lit fluidisé circulant
Agent de gazéification: Air
Application : CHP

REALISATIONS

Studsvik, Nyköping

Puissance de l'unité de gazéification : 2 MW

Chianti, Italie, 1992

Puissance de l'unité de gazéification : 15 MWth

Selby, UK, 2000

Puissance de l'unité de gazéification : 8 MW

Mucurri, Bahia, Brésil

Puissance de l'unité de gazéification : 32 MWe

Thermoselect
<p>Adresse: Via Naviglio Vecchio 4 CH 6600 Locarno</p> <p>z.i. La Pontchonnière, BP 39 - 69591 L'Arbresle Cedex (France) Phone : +41-91-7562525- Fax : +41-91-7562526 Email : info@thermoselect.ch</p>
DECHETS TRAITES
Biomasse, déchets solides
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
<p>Type : Pyrogazéifieur atmosphérique à deux étages Agent de gazéification: oxygène Application :</p>
REALISATIONS
<p>Karlsruhe, Allemagne, 1999, Unité arrêtée Puissance : Trois unités 300 t/J Chiba, Japon 1999 Puissance : Deux unités 150 t/j Mutsu, Japon, 2000 Puissance : Deux unités 70 t/j Différentes projets en Allemagne et Suisse ont été arrêtés</p>

TPS Termiska
<p>Adresse: Studsvik, Se-611 82 Nyköping, Suède Téléphone: +46 155 22 13 00 Fax: +46 155 26 30 52 E-mail: tps@tps.se Internet: http://www.tps.se</p>
DECHETS TRAITES

Biomasse bois, RDF.
CARACTERISTIQUES DU PROCEDE
Type : Gazéifier atmosphérique à lit fluidisé circulant Agent de gazéification: Air Turbine à gaz
REALISATIONS
Unité d'une capacité de 2 MWth, Studsvik, Nyköping, Suède, 1985 Deux gazéificateurs de 15 MWth chacun, 200 t/j de RDF, Grève Chinati, Italie, 1992 Unité de 8 MW (biomasse), Selby, UK, 2000 Unité d'une capacité de 32 MWe à Mucurri, Bahia, Brésil

Umwelt- und Energietechnik GmbH

Adresse: Dr. Bodo Wolf
Frauensteiner Str. 59
09599 Freiberg
Germany
Tel : +49 (03731) 2662-0
Fax : +49 (03731) 2882-80
Email : UET-Freiberg@t-online.de
<http://www.fee-ev.de/uet/>

DECHETS TRAITES

résidus agricoles, écorce, charbon de bois, bois propre, bois de démolition, balles de riz, la poussière de paille, carburant basé de rebut, déchet de bois, morceaux de bois, autres.

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : autre
Agent de gazéification: Air, air enrichi , Oxygène
Application: CHP, Co-combustion, l'électricité, la chaleur, autre

REALISATIONS

Noell - Freiberg
Freiberg, Germany, 1998
Puissance thermique entrée : 130 MWth
Puissance thermique sortie :

VER GmbH

Adresse: Mr N. Topf
Kesselsdorfer Str. 216
1169 Dresden
Germany
Tel :+49 (03 51) 41 43 30
Fax : +49 (03 51) 4 1 433 20
Email : VER-DD@T-Online.de

DECHETS TRAITES

Déchets de bois.

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier à lit fixe
Agent de gazéification: Air
Application : Chauffage

REALISATIONS

LQV-VER
Freital (Dresden),Germany, 1996
Puissance thermique entrée : 130 kWh
Puissance thermique sortie: 60-80 kWt

Xylowatt

Adresse: Ivan Sintzoff & Frédéric Bourgois
2, Place du Levant
1348 Louvain-la-Neuve
Belgium
Tel +32 10 450 495
Fax : +32 10 451 794
info@xylowatt.com
www.xylowatt.com

DECHETS TRAITES

Déchets de bois, bois forestiers, résidus de scieries et menuiseries, chutes, sciures, écorces

CARACTERISTIQUES DU PROCEDE

Type : Gazéifier à lit fixe à co-courant (downdraft)
Agent de gazéification: Air
Turbine à gaz
Application : CHP, Electricité

REALISATIONS

Ramnagaram, Inde, 1998
Puissance : 2*275 kWth
Davanagere, Inde
Puissance : deux unités 800 kWth (1998) et 2 MWth (2000)
Tahefet, Inde, 2001
Puissance : 1,2 MWth
Bulle, Suisse, 2001
Puissance : 120 KWth