

# NOUVELLE TECHNOLOGIE DE FOURS D'INCINÉRATION PERMETTANT D'ASSURER UNE QUALITÉ DE MÂCHEFERS ET DE GAZ OPTIMALE LA GRILLE REFROIDIE À L'EAU STIEFEL – VINCI ENVIRONNEMENT

Benoît Brunot\*, Bernard Combaneyre\* et Jakob Stieffel \*\*

\*Vinci Environnement, \*\* Gmbh Umwelt- und Energietechnik

**Devant l'évolution, à la fois des caractéristiques des déchets, des contraintes environnementales et des conditions économiques, l'incinération des déchets doit faire face à de nouveaux défis. La mise au point depuis quelques années de nouvelles solutions permet d'améliorer continûment les performances des usines de valorisation thermique des déchets. Ainsi, la technologie de grille refroidie à l'eau, à présent appliquée pour les déchets ménagers y compris pour des PCI usuels, permet de bénéficier d'importantes avancées : longévité des grilles, maîtrise du foyer et des émissions gazeuse, qualité des mâchefers. Sur ce point précis, les résultats démontrent l'excellente qualité atteinte par les mâchefers issus de combustion sur grille refroidie à eau.**

**Facing simultaneously changes in waste streams features, ecological constraints and economic targets, waste to energy techniques has to meet new challenges. New technologies studied some years ago allow to have continuous and steady improvements in waste-to-energy facilities efficiency. Thus, water-cooled grate solutions can now be installed for municipal and household waste. Even for common values of NCV, municipal household waste can benefit of this new technology : longer lifetime of grates, combustion control and gaseous emissions control, quality of bottom ash. On this specific aspect, results show excellent quality of bottom ash after combustion with a water-cooled grate incinerator.**

## INTRODUCTION

Les préoccupations environnementales sont devenues un sujet de première importance, aussi bien pour les citoyens, les élus que les industriels. Pour ce qui concerne le traitement des déchets et le devenir de ses résidus, le cadre réglementaire s'est fortement durci dans le sens de la protection de l'environnement, de la qualité du cadre de vie et de l'assurance du respect des conditions sanitaires et d'hygiène publique. Les collectivités et les industriels, responsables de l'élimination de leurs déchets urbains et industriels, cherchent les meilleures conditions technico-économiques

possibles dans le respect des contraintes environnementales. Ainsi, les acteurs professionnels s'efforcent depuis plusieurs décennies de mettre en œuvre des filières globales, intégrant des composantes de récupération, tri sélectif, recyclage, traitement biologique et valorisation thermique. La valorisation thermique par incinération permet à ce jour d'atteindre des niveaux de protection de l'environnement très performants. Les nouvelles technologies de combustion, comme la grille refroidie à l'eau, installée pour la première fois en France à Besançon pour la collectivité et mise en service en fin d'année 2001, permettent d'améliorer sensiblement la qualité des résidus gazeux et solides. La qualité des mâchefers a été un des vecteurs du travail de développement de la technologie Stieffel proposée par Vinci Environnement.

## LA PROBLÉMATIQUE

Depuis maintenant plus de dix ans, nous avons constaté, en raison des filières de valorisation matière, une évolution de la nature, de la composition et des pouvoirs calorifiques des déchets qui ont entraîné très rapidement la détérioration des surfaces de chauffe classiques sur les grilles d'incinération des installations existantes. Des taux d'indisponibilité élevés sont apparus, liés aux arrêts fréquents. Par ailleurs, nos efforts de recherche et développement pour améliorer la qualité de la combustion et réduire les émissions gazeuses, sont venus tout naturellement se mêler aux demandes des exploitants confrontés bien malgré eux à cette évolution des déchets. Les points principaux qu'il fallait prendre dorénavant en compte étaient les suivants :

- un PCI, extrêmement variable, compris entre 8500 et 14 000 kJ/kg ;
- une charge thermique surfacique en tête de four accrue par une cinétique de combustion plus rapide pour les déchets à haut PCI ;
- une répartition automatique de l'air comburant pour limiter la concentration de la combustion tout en préservant une incinération correcte des déchets à bas PCI ;
- des températures de combustion plus élevées ;
- une amélioration de la qualité des mâchefers ;
- une couche de déchets moins importante qu'avec des

déchets ménagers traditionnels ;

- une grille moins bien protégée aux rayonnements thermiques ;
- l'optimisation de la combustion pour réduire à la source les productions de dioxines, furanes, CO et NOx ;
- la réduction des émissions gazeuses ;
- la stabilisation de la combustion, et de fait, de la production de vapeur ;
- l'atteinte de durées de vie importantes pour les éléments de grille et l'augmentation de la disponibilité des installations devenues productrices d'énergie ;
- le remplacement des grilles à poussoirs existantes, de tout type, rapidement et à moindre coût.

La qualité de la combustion des déchets dans un incinérateur est liée principalement, d'une part, à celle des équipements qui le constituent et d'autre part à ses possibilités de réagir instantanément aux variations de la nature du combustible. La grille qui est l'élément essentiel de l'incinérateur ne peut pas être néanmoins dissociée de la conception de la chambre de combustion dont l'influence sur le processus d'incinération est très importante. Ainsi, l'harmonisation des divers éléments de combustion de l'incinérateur garantit un niveau d'émissions optimal. En outre, l'injection d'air comburant minimum devra être effectuée là où elle est strictement nécessaire, afin de réduire à la source les émissions gazeuses, NOx et N<sub>2</sub>O. Elle a pour objectif de maintenir et contrôler la température de combustion dans le foyer à un niveau élevé pour garantir une réaction complète des composants des fumées et du carbone, tout en évitant les fusions indésirables de cendres. Simultanément, l'air injecté doit également assurer le refroidissement de la grille et des rives de l'incinérateur. La possibilité de répartir dans le foyer l'air comburant consiste en un air primaire injecté sous la grille, un air secondaire, voire tertiaire, éventuellement le recyclage des fumées dépoussiérées, pour créer toutes les conditions requises pour réaliser une combustion complète et atteindre une bonne qualité de mâchefers. En outre, dans ce schéma, une chaudière intégrée au foyer peut aussi contribuer au refroidissement de l'ensemble.

Dans une installation classique, le refroidissement est en grande partie assuré par un excès d'air plus ou moins important (plus le PCI des déchets augmente, plus cet excès d'air sera élevé pour abaisser les températures dans le foyer), l'essentiel étant injecté sous la grille pour limiter les usures prématurées et importantes. Mais les températures élevées des surfaces de grille en milieu insuffisamment ventilé (effet réducteur) accélèrent la destruction des barreaux de grille. Par contre, cette atmosphère légèrement réductrice, premier étage de combustion, a un effet positif sur la diminution de la production des NOx et N<sub>2</sub>O, grâce à la diminution de l'oxydation de certains composés azotés.

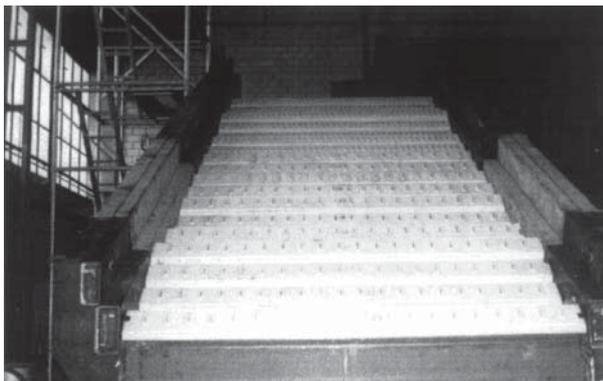


Figure 1 : Vue de face de la grille refroidie à l'eau

### UNE TECHNIQUE NOUVELLE

La grille mécanique refroidie par eau à entraînement individuel des étages, mise au point par J. Stiefel et proposée par Vinci Environnement est une avancée technologique importante, pour répondre à la diversité croissante des déchets à incinérer et aux exigences les plus sévères en matière de protection de l'environnement. Comme le montre la figure 1, la grille est composée de plusieurs barreaux successifs. Chaque barreau est continu dans le sens transversal. La grille est réalisée en acier mécano-soudé et entièrement refroidie à l'eau. Les fentes de ventilation se trouvent à l'arrière et sont conçues de manière à rester toujours dégagées pendant le fonctionnement. Les surfaces de grilles importantes sont constituées de deux ou plusieurs bandes parallèles séparées par une poutre centrale également refroidie à l'eau. Sur le côté, les rives de grille se terminent par des glissières latérales également refroidies à l'eau. La température des barreaux de grille est supérieure à celle de l'eau de refroidissement de 5 °C seulement. Ainsi, la dilatation transversale, problématique sur les grilles refroidies par air, n'existe plus grâce aux faibles différences de température à la surface de la grille. La grille refroidie par eau ne se dilate pratiquement pas et les fentes latérales le long des rives n'excèdent pas 2 mm. Les plaques d'usure latérales entre la glissière latérale et l'extrémité du barreau de grille sont conçues de telle sorte qu'elles empêchent toute introduction de matériau. Les barreaux de grille (figure 2) appuient l'un sur l'autre et sont équipés de sabots d'usure faciles à remplacer. Les sabots d'usure garantissent une terminaison étanche à l'air. Leur dureté est inférieure à celle de la sur-

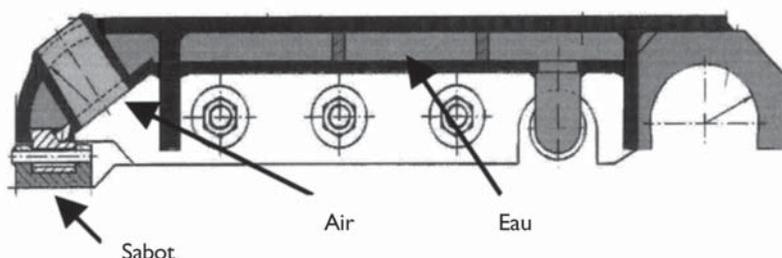
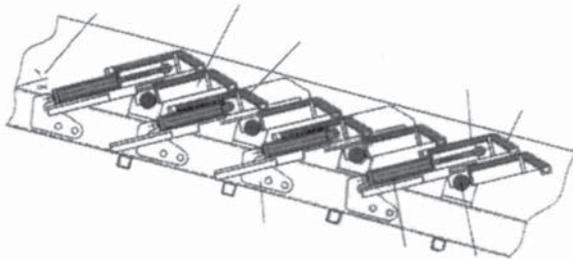


Figure 2 : Détail d'un barreau de la grille refroidie à l'eau

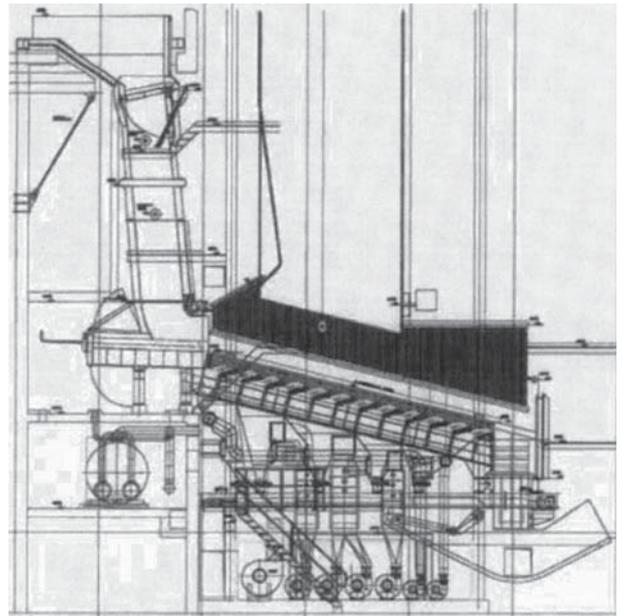
face des plaques de grille se trouvant au-dessus. Dans le sens longitudinal de la grille, un barreau fixe alterne avec un barreau mobile. La qualité de la combustion sur la grille se caractérise surtout, outre le refroidissement par eau, par l'entraînement individuel des barreaux. Comme le montre la figure 3, chaque barreau mobile se déplace à l'aide d'un entraînement séparé. De cette manière, l'attisage et le transport ou le temps de séjour, interviennent indépendamment l'un de l'autre dans chaque zone de la grille. L'inclinaison de la grille est adaptable à la nature des déchets (de 0 à 23 °). En particulier, lorsque la composition des déchets varie très fortement, ceci permet de contrôler le positionnement du foyer et l'intensité de l'incinération. L'attisage et le transport du lit en combustion sont ainsi coordonnés.



**Figure 3 : Coupe longitudinale des barreaux**

Il est possible de répartir rapidement les déchets de forts PCI, qui sont généralement très volumineux, sur une grande surface de grille. Les déchets de faibles PCI peuvent être retenus sur la grille et attisés de façon intense avec corrélativement une progression sur la grille plus lente. La maîtrise du positionnement de la zone en ignition sur la grille constitue un atout : elle permet d'adapter la combustion à la composition des déchets à traiter et d'obtenir une veine gazeuse à l'entrée de la chaudière plus homogène. L'air, important pour une combustion contrôlée, tant sous la forme d'air primaire sous la grille que sous la forme d'air secondaire dans la chambre de combustion, est distribué zone par zone par des souffleries individuelles à débit réglable. L'installation de Niederurnen, en Suisse, (figure 4), est équipée d'une soufflerie pour chaque zone. La grille refroidie par eau est constituée de deux surfaces de chauffe parallèles d'une largeur totale de 3 600 mm. Le pouvoir calorifique des déchets traités peut atteindre 14 000 kJ/kg. La capacité nominale d'incinération est de 8 t/h.

Le dispositif de chargement (trémies, poussoir), est lui aussi entièrement refroidi par le même circuit d'eau. Autrement dit, toutes les pièces en contact avec les déchets sont refroidies par eau et protégées de l'usure thermique et mécanique. La goulotte d'alimentation est utilisée comme réservoir d'eau pour l'ensemble du circuit de refroidissement. La partie située entre l'alimentation et la chambre de combustion, particulièrement sollicitée au plan thermique, est aussi



**Figure 4 : Vue d'ensemble du four et de la grille**

entièrement refroidie par eau. Un circuit fermé d'eau à très basse température (70/80 °C), dissipe l'énergie récupérée qui est ensuite restituée dans le procédé. Les fines sous grille et les dépôts de métaux non ferreux sont pratiquement inexistantes. Les mesures effectuées montrent que les quantités de fines sous grille sont inférieures à 0,1 kg par tonne de déchets. Le volume d'air est constamment lié à la charge des déchets dans le four. Des capteurs situés dans la chambre de combustion et à l'extrémité de la grille assurent une répartition optimisée de l'air. Ceci concerne aussi bien la température, que la longueur de la couche en ignition sur la grille. L'air primaire s'adapte ainsi à la longueur du foyer et inversement. Le tonnage de vapeur souhaité est le paramètre principal qui commande le chargement des déchets et l'entraînement des étages de grille.

### RÉSULTATS DE QUALITÉ DE MACHEFERS – IMBRULÉS

Les retours d'expériences obtenus sur la quantité d'imbrulés dans le mâchefer d'incinération d'ordures ménagères (MIOM) pour les usines équipées de ce type de grille (tableau 1), sont tous inférieurs à la quantité minimale de 5 % de perte au feu recommandée par les textes réglementaires en vigueur à ce jour. Ces diminutions sont d'autant plus intéressantes que la matière organique soluble présente dans les scories peut avoir pour effet de complexer certains métaux comme le cuivre, et en cas de valorisation, faciliter leur exportation vers le milieu naturel.

### CONCLUSION : QUE PEUT-ON ATTENDRE D'UN TEL PROCÉDÉ ?

Ce procédé de grille refroidie à l'eau, avec un retour d'expérience sur plus de 12 unités en Europe, permet d'incinérer

**Tableau 1 : Résultats de qualité pour un panel d'usines équipées de grilles refroidies à l'eau Stiefel-Vinci Environnement. (\*) : mesurés par perte au feu à 550 °C**

Pays	Localisation	Capacité t/h	Mise en service	PCI Moyen (KWh/t)	Imbrûlés mâchefers (*)
France	Besançon	4 (et boues 0,4)	2001	2 778	<2,1 % attendus
Suisse	Genève ligne 5	20,8	2002	N/C	N/C
Allemagne	Wurzburg ligne 1	11,5 (et boues 1,8)	2000	N/C	N/C
Royaume-Uni	Jersey	8	1999	2 778	2-3 %
Suisse	Niederurnen	10,5	1999	3 472	<2 %
Allemagne	Hamm ligne 4	10	1998	2 222	2-3 %
Pays-Bas	Gavi Wijster lignes 1, 2 et 3	3 x 20	1998	3 056	<2%
Suisse	Lucerne ligne 1 et 2	2 x 4	1997/1998	3 194	<1%
Allemagne	Schwandorf	15	1997	2 778	2-3 %
Norvège	Oslo ligne 1	12	1997	2 500	2-3 %
Suisse	Zurich - Hagenholz	15	1997	3 333	1-2 %
Allemagne	Zirndorf	4	1995	2 917	<1 %
Suisse	Lucerne ligne 3	4,6	1995	3 194	1-2 %

rer dans des conditions optimales, une variété de déchets extrêmement grande, présentant une plage de pouvoir calorifique comprise entre 7500 et 15 000 kJ/kg, avec les avantages suivants :

- la combustion est complète, régulière et contrôlée, avec des teneurs en O<sub>2</sub> relativement faibles avec pour conséquence une qualité des mâchefers (imbrûlés), conformes aux exigences des maîtres d'ouvrage et des réglementations ;
- les teneurs en CO et NO<sub>x</sub> sont maintenues à des niveaux très bas ;
- la répartition de l'énergie sur la surface de la grille est homogène comme souhaitée ;
- les variations thermiques brutales, souvent observées avec des déchets hétérogènes sont immédiatement absorbées par la grille refroidie à l'eau, évitant ainsi de perturber la combustion ;
- les températures adiabatiques dans la chambre de combustion sont supérieures de 100 à 200 °C, à celles observées avec à une grille classique, sans qu'il se forme des dépôts/frittages indésirables, tout en réduisant de 40 % le volume d'air primaire. Pour mémoire, une augmentation de la température de combustion de 150 °C avec des déchets de 12 000 kJ/kg entraîne une réduction des fumées de 15 % environ ;
- la maîtrise des passages d'air, dans le temps est excellente, et obtenue, grâce à l'absence de dilatation, de contraintes mécaniques et d'usures thermique et mécanique. Ces atouts permettent de réaliser des grilles à forte perte de charge insensibles aux variations de l'épaisseur de la couche de déchets ;
- la disponibilité des équipements est très élevée.

À Wijster, aux Pays-Bas, le remplacement de 3 grilles classiques, d'une capacité unitaire de 20 t/h, par des grilles J. Stiefel refroidie à l'eau ainsi que les dispositifs de chargement, ont permis d'atteindre une température supérieure à

1 300 °C dans la chambre de combustion avec des teneurs en O<sub>2</sub> inférieurs à 7 %. Grâce à la réduction de 20 % des débits des fumées, le système de recyclage des fumées, utilisé pour refroidir les fumées dans la chambre de combustion, a été supprimé. Avant ces modifications réalisées par J. Stiefel, il fallait arrêter l'installation toutes les 3 000 heures pour supprimer les dépôts extrêmement importants dans la chambre et remplacer la surface de grille. La mise en service de la nouvelle surface de grille refroidie à l'eau permet d'atteindre une disponibilité supérieure à 40 000 heures. Le suivi permanent de l'exploitation des installations de Lucerne, Wijster et Niederurnen permettra de recueillir et de compléter les données, justifiant le bien fondé de cette technique nouvelle de la grille refroidie à l'eau, en particulier avec des très hauts PCI. La première installation en France a été réalisée à Besançon sur un four neuf de 4 t/h et mise en service mi-2002.

**\*Benoît Brunot et Bernard Combaneyre,**

Vinci Environnement, Direction marketing et Direction projets, 1, cours Ferdinand de Lesseps, 92851 Rueil Malmaison, France  
(contact@vinci-environnement.com)

**\*\*Jakob Stiefel,**

Jakob Stiefel, GmbH Umwelt-und Energietechnik, Direction générale, Witzbergstrasse 5, 8330 Pfaffikon, Suisse

Nomenclature /Glossaire des abréviations présentes dans le texte

PCI : pouvoir calorifique inférieur

NCV : Net calorific value

CO : monoxyde de carbone

NO<sub>x</sub> : oxydes d'azote

N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote