

POUR UNE VILLE PLUS PROPRE, POUR UNE VIE PLUS BELLE



**L'USINE  
DE VALORISATION  
DES DÉCHETS  
DE MONACO :  
UN MODÈLE POUR  
L'ENVIRONNEMENT  
URBAIN**

**SOCIÉTÉ MONÉGASQUE  
D'ASSAINISSEMENT**







## SOMMAIRE

HISTORIQUE DU TRAITEMENT ET DE LA VALORISATION DES DÉCHETS À MONACO .....	2
UN MOT D'ORDRE : LA VALORISATION DES DÉCHETS .....	3
UNE ENTITÉ TECHNIQUE DE POINTE .....	4
SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT .....	6
DÉTAIL DU FONCTIONNEMENT .....	8

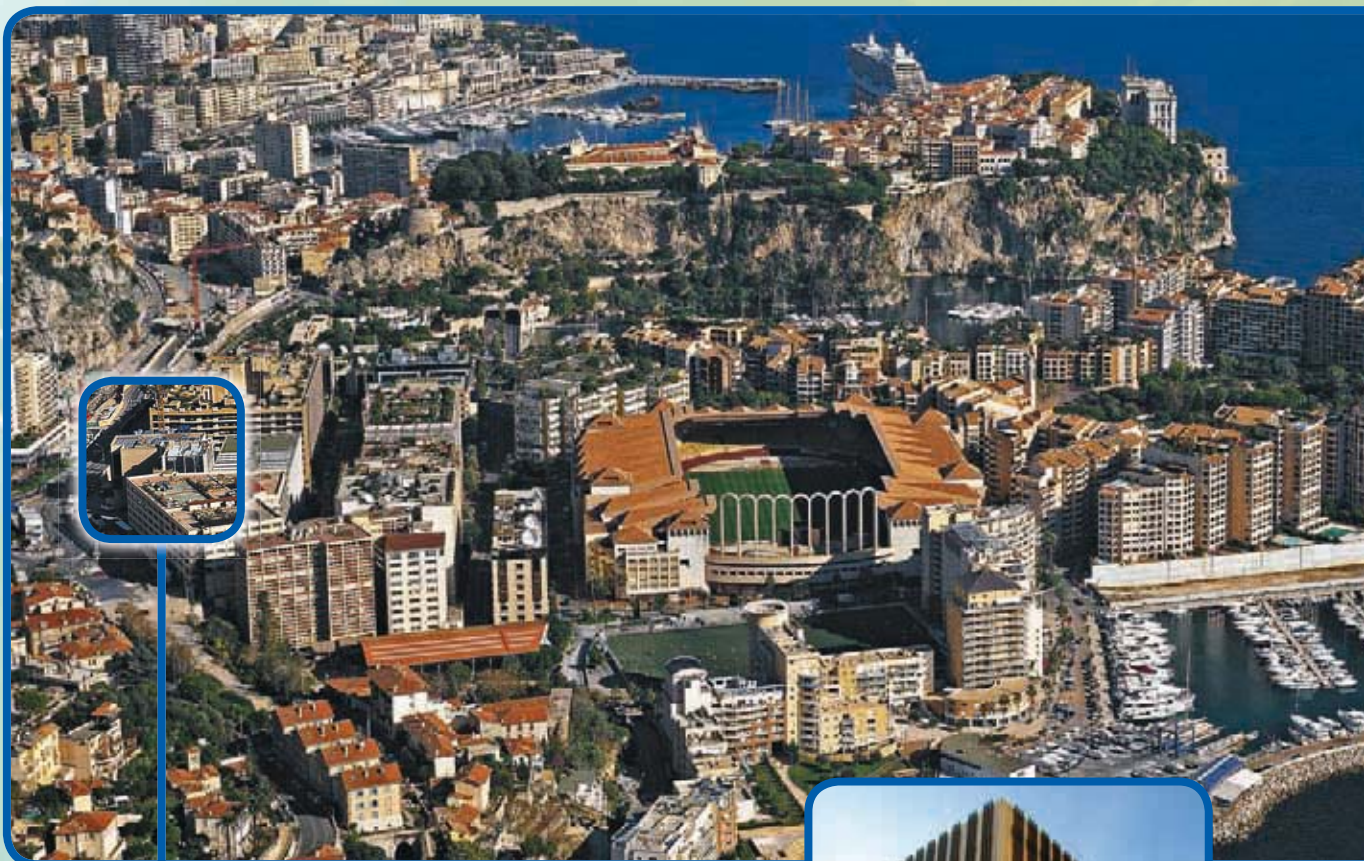
## HISTORIQUE DU TRAITEMENT ET DE LA VALORISATION DES DÉCHETS À MONACO

1898 ► 1938 Première usine d'incinération de déchets.

1938 ► 1980 Deuxième usine, en remplacement de la première, devenue obsolète.

À partir de 1980 Construction et exploitation de la troisième génération d'usine, toujours sur le même emplacement à Fontvieille.

- 1994 Première évolution technique : lavage humide des fumées.
- 2006 Deuxième évolution technique : optimisation de la combustion et ajout d'un traitement des fumées de type catalytique.



## UN MOT D'ORDRE: LA VALORISATION DES DÉCHETS

De tout temps, la Principauté de Monaco a souhaité préserver la qualité de son environnement, et être autonome quant au traitement de ses déchets. C'est ainsi que fut construite, dès 1898, la première usine de valorisation des déchets sur un site voisin de l'actuelle usine.

L'incinération des déchets consiste en leur minéralisation. Cette filière présente de nombreux avantages et notamment une réduction importante des déchets à stocker d'environ 90 % en volume et 75 % en masse.

Le concept moderne des unités de traitement consiste non seulement à incinérer les déchets et à récupérer l'énergie produite par la combustion, mais également à valoriser cette énergie sous forme d'électricité et de chaleur. Les usines de valorisation des déchets peuvent donc être assimilées à des unités industrielles de cogénération dont l'objectif premier est l'incinération des déchets.

L'actuelle usine est la troisième du nom. Elle a été mise à feu en 1980. Elle est capable d'incinérer 80 000 tonnes par an de déchets, ce qui la situe en taille dans la moyenne des unités européennes. Elle dispose de tous les équipements modernes d'exploitation et respecte les normes européennes de rejets des fumées.



### UNE USINE PARFAITEMENT INTÉGRÉE DANS LE TISSU URBAIN

Les spécificités de l'usine de Monaco sont nombreuses. Située en plein cœur du quartier de Fontvieille, son intégration architecturale a été effectuée avec soin : ses murs périphériques sont doublés d'une isolation phonique qui limite au maximum les émissions sonores vers l'extérieur. La cheminée, qui constitue habituellement la partie la plus visible de ce type d'usine, est ici totalement intégrée au bâtiment.

De plus, le panache blanc de vapeur d'eau a totalement été supprimé. Le bâtiment est antisismique et occupe une superficie au sol de seulement 1 500 m<sup>2</sup> qui justifie sa conception tout en hauteur. Enfin, une partie de l'énergie valorisée l'est sous forme d'eau glacée, produite par des refroidisseurs à absorption dans une centrale thermofrigorifique voisine et utilisée à des fins de climatisation d'immeubles industriels et tertiaires.



## UNE ENTITÉ TECHNIQUE DE POINTE

L'usine de valorisation des déchets comprend deux fours-chaudières et deux lignes de traitement des fumées. Elle fonctionne en continu tout au long de l'année et valorise sous deux formes l'énergie issue de la combustion :

- **L'ÉLECTRICITÉ**, qui sert à sa propre alimentation et dont l'excédent est distribué par l'intermédiaire du réseau public de la Société Monégasque de l'Électricité et du Gaz. Cette fourniture correspond environ aux besoins annuels de l'éclairage public de la Principauté.

- **LA VAPEUR**, qui alimente une centrale de production de chaleur et de froid où l'énergie est valorisée sous forme de fluides chaud et glacé distribués par deux réseaux urbains à des fins de chauffage et climatisation des bâtiments publics et para-publics du quartier de Fontvieille.

La conception, puis les différentes évolutions de cette installation lui ont toujours permis de satisfaire aux normes européennes en matière de respect de l'environnement et notamment à celles relatives aux rejets atmosphériques. Par ailleurs, les émissions sonores dans l'environnement immédiat de l'usine ont été réduites au maximum grâce à un traitement particulièrement soigné de l'enveloppe du bâtiment. De même, aucune nuisance olfactive n'est décelable en raison d'une mise en dépression de toute l'installation.

4

### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

#### RÉCEPTION DES ORDURES

Pont à bascule	30 tonnes
Fosse à ordures	1 200 m <sup>3</sup>
Fosse à mâchefers	170 m <sup>3</sup>
Broyeur	1
Pont roulant à ordures	2
Capacité des bennes	2 000 litres

#### FOUR (MARTIN) CHAUDIÈRE (CNIM)

Nombre	2
Capacité d'incinération par four pour un P.C.I. de 2 400 Kcal/Kg	4,6 t/h
Surface de la grille	15,3 m <sup>2</sup>
Vaporisation par chaudière	13 t/h
Température vapeur saturée	242°C
Pression vapeur surchauffée	28,5 bars
Température	300°C
Timbre	36 bars
Température eau alimentation	105°C
Fumées sortie chaudière	230°C
Débit des fumées	27 500 Nm <sup>3</sup> /h
Brûleur de soutien	5 MW
Brûleur de démarrage	1,1 MW





### ÉPURATION DES FUMÉES (ROTHEMULE/LAB)

Dépoussiéreur électrostatique	2
Nombre de champs par dépoussiéreur	2
Laveur de fumées de type humide	2
Traitement des eaux de lavage de gaz	1
Traitement catalytique de type SCR	2
Analyseur de gaz	2



### ÉVACUATION DES RÉSIDUS

Transporteur à bande	2 en cascade
Pont roulant	1
Capacité de la benne	1 000 litres
Déferrailage par overband	1

### TURBINE À CONTREPRESSION

Débit	23 t/h
Pression admission	28,5 bars
Température vapeur admission	300°C
Pression à l'échappement	1,4 bars abs
Vitesse	11 500 t/mn



### ALTERNATEUR

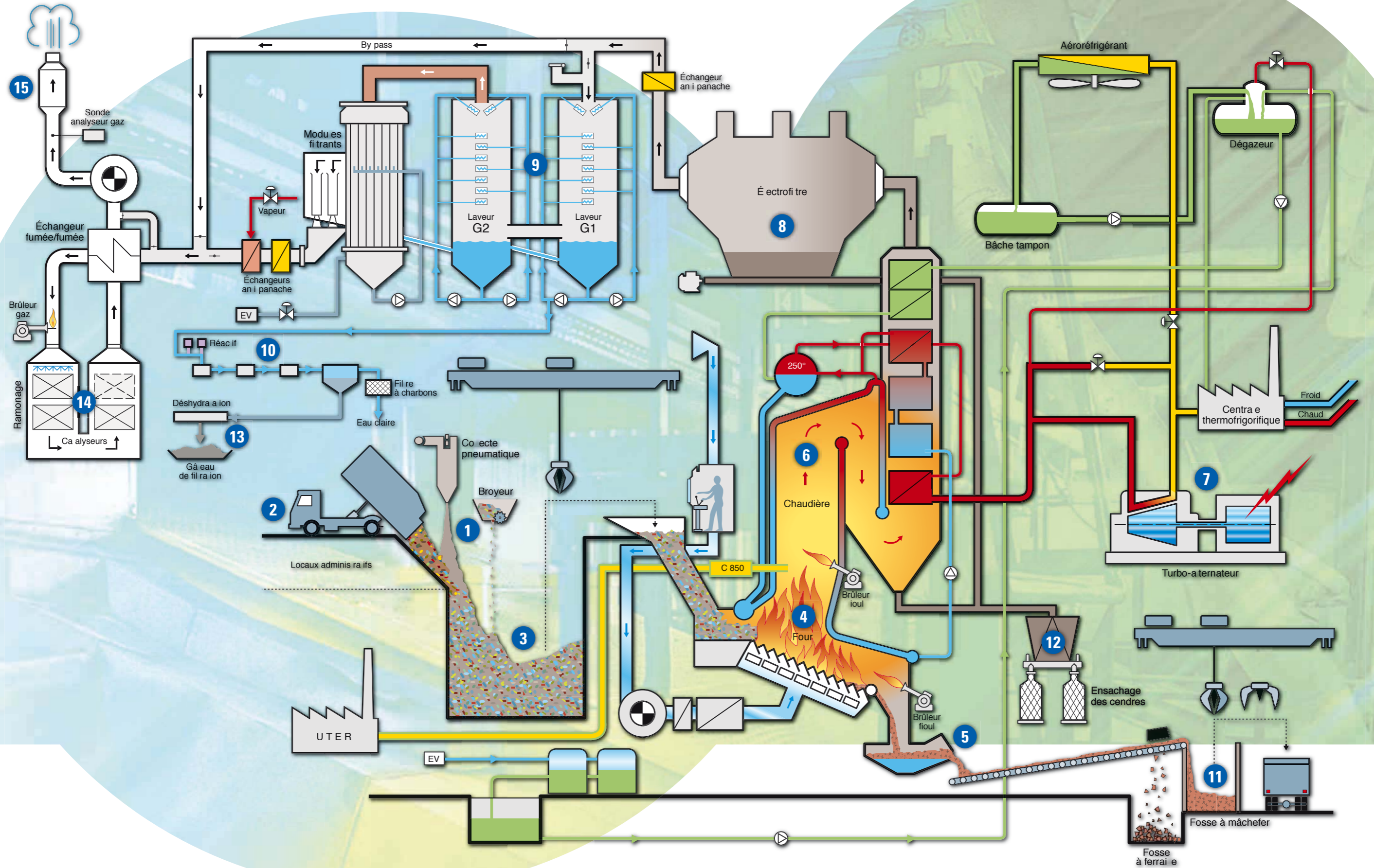
Puissance nominale	2 600 kW
Vitesse	1 500 t/mn

### AÉROCONDENSEUR

Capacité de condensation	23 t/h
Pression	1,4 bars abs



# SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT





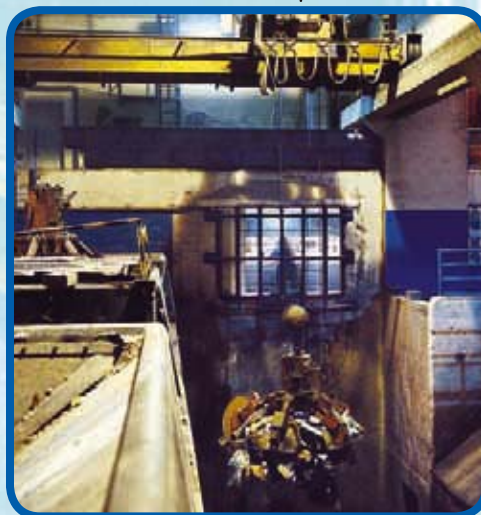
## DÉTAIL DU FONCTIONNEMENT

**1** Les déchets proviennent non seulement de la communauté, mais également des communes environnantes. Ils sont constitués d'environ 70 % d'ordures ménagères, de 23 % de déchets divers tels que les emballages, les déchets industriels banals (D.I.B.), les résidus d'espaces verts ou de procédés industriels et les boues de la station d'épuration du traitement des eaux résiduaires de Monaco. Ces dernières ne sont pas mélangées aux ordures de la fosse. Elles sont directement injectées dans la chambre de combustion par l'intermédiaire d'un équipement IC 850 conçu et réalisé à l'usine de Monaco.

**2** À l'entrée et à la sortie de l'usine, un pont à bascule d'une longueur de 8 mètres équipé d'un système de pesage enregistre tous les renseignements concernant la pesée. Le hall de déchargement est fermé et maintenu en dépression afin d'éviter aux odeurs et aux poussières de s'en échapper. Les encombrants métalliques, les batteries, les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) et les tubes fluorescents sont récupérés afin d'être évacués vers les filières de recyclage correspondantes. Les déchets verts et les encombrants incinérables sont broyés afin d'être mélangés aux ordures contenues dans la fosse.

**3** La fosse de stockage d'une capacité de 1200 m<sup>3</sup> a été dimensionnée pour pouvoir accepter le produit de 2 à 4 jours de collecte. Deux ponts roulants à grappin assurent le gerbage des ordures dans la fosse et leur distribution dans les trémies d'alimentation des trois fours. Les ordures descendent par gravité le long de la goulotte et tombent sur la table d'alimentation. Un alimenteur, manœuvré par un vérin, pousse les ordures sur la grille où elles s'embrasent instantanément.

**4** La grille, de marque Martin, inclinée à 27° et d'une superficie de 15,3 m<sup>2</sup> est formée d'une piste à commande hydraulique qui comprend 13 rangées de barreaux formant des escaliers dont un sur deux est fixe et l'autre est animé d'un mouvement de va-et-vient assurant ainsi le cheminement et le ringardage des ordures. La régulation de la température de combustion est obtenue d'une part par le contrôle de la quantité de déchets admis dans le four, et d'autre part par le débit d'air comburant admis.



**5** Les résidus de la combustion en fin de grille sont appelés mâchefers. Ils sont extraits du four par l'intermédiaire d'un tambour, puis refroidis et éteints dans un extracteur. Ils sont évacués ensuite sur des bandes transporteuses, déferpillés par séparateur magnétique, stockés dans une fosse, puis évacués par transport routier.



**6** La récupération d'énergie des gaz de combustion est effectuée dans des chaudières de conception CNIM produisant 13,3 tonnes par heure de vapeur surchauffée à 300°C et 28,5 bars. Les fumées se refroidissent au contact des écrans et des différents faisceaux pour atteindre 230°C en sortie de l'économiseur. Les échangeurs sont régulièrement nettoyés par des ramoneurs vapeurs rotatifs et à herse. Des brûleurs de soutien fonctionnant au fioul sont maintenus en veille et démarrent automatiquement dans le cas d'une baisse de température en dessous de 850°C dans la chambre de combustion.



**7** L'énergie récupérée dans la chaudière est valorisée sous trois formes: l'électricité, la chaleur et le froid. L'électricité est produite par un groupe turbo-alternateur de 2,6 mégawatts, à contre-pression qui alimente directement l'usine. L'excédent est fourni au réseau électrique de la Principauté et représente l'équivalent de l'éclairage public. La vapeur à l'échappement de la turbine est fournie à une centrale thermofrigorifique raccordée à un réseau urbain de chaleur et de froid qui alimente le quartier de Fontvieille. L'eau chaude y est distribuée à 95°C, l'eau froide à 5°C.

**8** Le dépoussiérage est effectué dans des électrofiltres à deux champs permettant d'obtenir en sortie et avant traitement final une teneur en poussière inférieure à 30 mg/Nm<sup>3</sup>. Les cendres récupérées représentent le deuxième type de résidu d'une usine de valorisation des déchets (25 kg par tonne).



**9** Afin de respecter les évolutions réglementaires, un traitement complémentaire des fumées a été mis en service en 1993 puis optimisé en 2006. Il vise à fortement limiter les émissions de chlore, soufre, métaux lourds et à parfaire la filtration des poussières à la sortie de l'électrofiltre. Le système installé dans cette usine de type humide consiste en un lavage des fumées dans deux réacteurs et un module agglomérant filtrant où les gaz acides sont absorbés et les polluants transférés vers une solution de lait de chaux et de soude qui est par la suite épurée dans une petite station de traitement des effluents.

**10** Les matières polluantes entraînées par l'effluent sont séparées par précipitation, floculation, décantation et déshydratation sur un filtre presse. Après compression, le résidu obtenu est appelé "gâteau de filtration" ; c'est le troisième type de sous-produit généré par la combustion. L'eau résiduaire est filtrée par passage successif à travers un filtre à sable et un filtre à charbon actif avant d'être rejetée.

**11** Les mâchefers récupérés en fin de grille après combustion représentent en quantité la partie la plus importante des sous-produits de l'usine, soit environ 250 kg par tonne d'ordures ménagères. Compte tenu de leurs bonnes caractéristiques géotechniques et sous réserve d'analyses chimiques favorables, ils peuvent être utilisés pour la formation de sous-couche routière ou remblais. Les ferrailles issues de la combustion et les encombrants métalliques sont dirigés vers des centres de recyclage.

**12** Les cendres entraînées par des vis sans fin sont stockées dans un silo avant mise en big bags étanches. Compte tenu de leur potentiel polluant, ces déchets ultimes sont apportés dans des centres d'enfouissement technique de Classe 1. Avant d'être enfouis dans des alvéoles techniques spécifiques, ces résidus subissent un traitement de stabilisation et de solidification qui emprisonne leurs composants nocifs.

**13** Les gâteaux de filtration des résidus du traitement complémentaire des fumées (déchloration) qui sont obtenus après décantation et déshydratation sur filtre presse. Ces déchets sont également dirigés vers un centre d'enfouissement technique de Classe 1 où ils subissent le même traitement que celui des cendres.

**14** Afin d'éliminer les NOx (oxydes d'azote), un traitement catalytique type SCR a été mis en service en 2006. Les gaz sont réchauffés à 250°C par des brûleurs fonctionnant au gaz naturel puis mélangés au gaz ammoniac utilisé comme réactif. Dans les éléments catalytiques a lieu la réaction de catalyse qui transforme les polluants NOx en azote et vapeur d'eau.

**15** Après dépeussierage, lavage et traitement catalytique, les gaz sont éjectés dans l'atmosphère à travers d'un silencieux horizontal et d'une cheminée intégrée au bâtiment. Les gaz sont réchauffés afin d'éviter la formation d'un panache blanc de vapeur d'eau. Des sondes de prélèvement sont insérées dans les cheminées et connectées à un analyseur qui mesure en continu le rejet des principaux polluants. Ainsi, en cas de dérive du processus, le système de contrôle-commande agit instantanément sur les paramètres de régulation afin de retrouver un fonctionnement standard et stable.





GDF SUEZ  
ENERGIE SERVICES

## SOCIÉTÉ MONÉGASQUE D'ASSAINISSEMENT

3, avenue de Fontvieille - Boîte postale 498 - 98012 Monaco Cedex  
Téléphone : (+377) 92 05 75 16 - Fax : (+377) 92 05 92 56  
E-mail : [sma@sma.tm.mc](mailto:sma@sma.tm.mc) - [www.sma.mc](http://www.sma.mc)

