

VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DES ORDURES MÉNAGÈRES PAR INCINÉRATION

ÉTAT DES LIEUX ET PROJETS

Alain Cabanes*, Sylviane Oberlé**

*Délégué général d'Amorce, **Chargée de mission

L'incinération des ordures ménagères avec production d'énergie occupe une place importante dans le traitement des déchets par les collectivités locales.

Elle est appelée à se développer fortement au cours des prochaines années pour satisfaire aux objectifs de suppression des décharges brutes en 2002.

En 1995, il existe 80 usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), et une trentaine sont en construction ou en projet.

Il est intéressant d'avoir des informations précises pour au moins trois raisons :

- fournir aux gestionnaires de chaque usine des repères pour se situer par rapport à l'ensemble,
- mettre à disposition des auteurs de projet les ratios techniques et économiques de base de cette activité,
- présenter un bilan national de la récupération d'énergie sur l'incinération, à la fois en termes techniques et économiques, pour apprécier sa place actuelle et future dans le bilan énergétique du pays.

Nous n'avions jusqu'à ce jour que très peu de données globales sur les performances techniques, énergétiques, et économiques des usines d'incinération d'ordures ménagères actuelles, ainsi que sur les projets en cours d'étude ou de construction.

Amorce a pu combler cette lacune au cours de l'été 1995, en confiant à Sadrack Makon, stagiaire de l'École des Mines de Nancy, le soin de réaliser une enquête exhaustive sur les 80 usines en service et 23 projets connus.

Cette enquête a pu être réalisée grâce aux conseils méthodologiques et un financement à 50 % de l'Ademe.

La présente note résume les principaux résultats de l'enquête.

LES USINES D'INCINÉRATION (UIOM) EXISTANTES (ÉTÉ 1995)

L'enquête s'est déroulée entre mai et août 1995. Les 80 usines d'incinération avec récupération d'énergie en service à cette date ont reçu un questionnaire et, si nécessaire, une ou plusieurs relances téléphoniques. Nous avons reçu 60 réponses, dont 59 exploitables.

Quantités traitées

Les UIOM de notre échantillon incinèrent 6 542 941 tonnes

Energy from wastes takes an important part of the domestic refuse treatment by local authorities.

Incineration with energy production will hardly increase during next years, according to a law (1992) which aims to ensure that within ten years (by 2002), no domestic refuse will be accepted into landfills without disposal. In 1995, 80 incineration plants with energy recovery (UIOM) were in action, and about 30 plants were planned or under construction. Energy is recovered by means of district heating or electricity sold to Electricité de France. Amorce, association of French local authorities and public and private companies working in waste management, conducted a survey on all the existing or planned incineration plant.

This survey was conducted in order to know some technical and economical ratios, aiming to :

- give some basic informations to the owners and managers of the 80 existing incineration plants, allowing them to compare with each other.

- give those informations to the authorities and companies which are planning new incineration plants.

- set out a national assessment regarding energy from domestic waste, in order to estimate its part into the french energetic system.

Before this survey, nobody had sufficient data about technical, economical and energetic aspects of energy from waste sector in France.

This survey was conducted during 1995 summer by a young ingenior student of École des mines de Nancy, and was half subsidised by French Energy and Environment Agency (Ademe).

par an, dont :

6 020 493 tonnes d'ordures ménagères	92 %
462 950 tonnes de déchets industriels banals (DIB)	7 %
30 480 tonnes de déchets hospitaliers	0,5 %
29 020 tonnes de boues d'épuration	0,5 %

L'enquête exhaustive ITOM (installations de traitement des ordures ménagères) faite par l'Ademe en 1994 nous indique que l'ensemble des 80 UIOM avec récupération d'énergie incinère 8 310 000 tonnes de déchets, dont 6 902 000 tonnes d'ordures ménagères.

Représentativité des réponses

Les 59 réponses représentent 76 % du nombre des UIOM en service, 79 % de la totalité des déchets. Notre échantillon est représentatif de l'ensemble.

Nous redresserons nos résultats en valeur absolue en fonction de la totalité des déchets incinérés, soit en multipliant les données de l'enquête par 1,27.

Chaque donnée redressée sera indiquée par un indice R

Mode de gestion des usines

Le mode dominant (63 %) est le contrat d'exploitation (ou contrat de prestation de service).

10 % sont en régie directe.

Données techniques

Capacité des usines

10 usines (17 %) ont une capacité inférieure à 4 tonnes/heure
 38 usines (63 %) ont une capacité comprise entre 4 et 20 tonnes/heure

12 usines (20 %) ont une capacité supérieure à 20 tonnes/heure.

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des déchets traités

Il est égal en moyenne à 2 298 kWh par tonne. Il varie de 1 625 à 3 250 kWh par tonne. La plage de variation est large, mais il faut noter que 55 cas sur 60 se situent entre 2 000 et 2 600 kWh (figure 1).

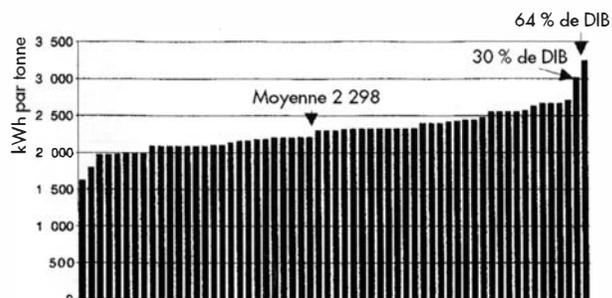


Figure 1 : Pouvoir calorifique inférieur des déchets incinérés

Le PCI est d'autant plus élevé que :
 - la zone de collecte est urbaine,
 - le pourcentage de DIB est important.

Le rendement d'exploitation annuel de l'ensemble four - chaudière

Il varie de 49 % à 87 % avec une moyenne de 67 %.

Puissance installée

La puissance thermique totale de l'échantillon est 1 197 MW
 La puissance électrique totale de l'échantillon est 171 MW
 Par extrapolation, les puissances de l'ensemble des UIOM sont : 1 521_R MW thermiques et 217_R MW électriques.

Données énergétiques

Nature de l'énergie produite

33 UIOM ne produisent que de la chaleur, dont :

- 16 vendent à un réseau de chaleur,
- 13 vendent à des industriels,
- 3 vendent aux deux,
- 1 fournit la chaleur à une station d'épuration pour sécher les boues,

3 UIOM ne produisent que de l'électricité,
 24 UIOM produisent chaleur et électricité.

Les 27 UIOM qui produisent de l'électricité sont équipées de la façon suivante :

Turbine à contrepression	21
Turbine à soutirage	1
Turbine à condensation	5

Quantités globales d'énergie produite et vendue

Pour l'ensemble des UIOM françaises, les résultats redressés sont :

Vapeur produite en sortie de la chaudière :	13 439 670 _R MWh
Chaleur vendue et auto consommée :	7 677 665 _R MWh
Électricité produite :	783 422 _R MWh
Électricité auto-consommée :	317 705 _R MWh (40 %)
Électricité vendue à EDF :	465 717 _R MWh (60 %).

Bilan énergétique (figure 2)

Le bilan énergétique global doit tenir compte de la vapeur utilisée en production électrique, des pertes dans le réseau, et de l'énergie non valorisée en été. Selon les usines enquêtées, les méthodes de comptage sont différentes. Nous pouvons cependant faire une estimation globale en supposant :
 - que l'électricité est produite avec un rendement moyen de 30 % sur la vapeur en turbine à condensation,
 - que l'électricité est produite avec un rendement moyen de 90 % sur la vapeur en turbine à contrepression,
 - que les pertes de chaleur en réseau sont de 6 %.

Vapeur produite en sortie de la chaudière :	13 349 670 _R MWh, dont
Vapeur auto consommée par l'usine :	2 %
Chaleur vendue :	56 %
Électricité produite :	6 %
Vapeur perdue pour la production électrique :	3 %
Pertes en réseau :	3 %
Chaleur non valorisée :	30 %
soit 64 % d'énergie valorisée.	

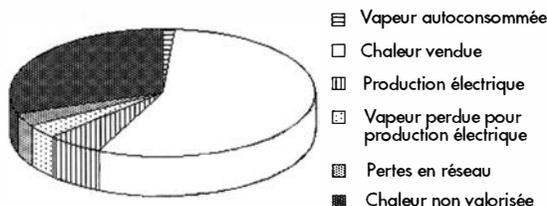


Figure 2 : Bilan énergétique des UIOM

Estimation de l'impact énergétique national

La contribution des 80 usines d'incinération au bilan énergétique national peut être estimée en considérant que la chaleur produite par les ordures ménagères se substitue à du fuel ou du gaz, et que l'électricité se substitue à de l'électricité produite en centrale thermique ou nucléaire avec turbine à condensation. L'incinération permet donc une économie en Tonnes équivalent pétrole (TEP) en utilisant les conventions de la comptabilité énergétique française :

Chaleur : 882 490_R Tep

Électricité : 174 094_R Tep

Total : 1 056 584_R Tep

L'incinération de déchets ménagers permet à la France d'économiser plus d'un million de tonnes de pétrole.

Ratios énergétiques

Production de chaleur seulement

Ces UIOM, au nombre de 34, ont le bilan suivant :

Tonnage incinéré	1 808 000 tonnes
Autoconsommation	2 %
Ventes	59 %
Pertes	39 %
soit total valorisé	61 %

Usines ne produisant que de la chaleur vendue à un réseau de chaleur (16 usines)

Le taux de valorisation (vente + autoconsommation) de la chaleur varie de 24 % à 88 % (moyenne 64 %)

Usines ne produisant que de la chaleur vendue à l'industrie (13 usines)

Le taux de valorisation de la chaleur (vente + autoconsommation) varie de 41 % à 91 % (moyenne 57 %)

Ratios de production et de vente (il s'agit de la moyenne des ratios des usines concernées)

Tableau 1 : Ratios de production et de vente

	Production (kWh/t)			Vente (kWh/t)		
	Mini	Moyen	Maxi	Mini	Moyen	Maxi
Vente aux réseaux de chaleur	1 157	1 494	2 506	275	912	1 904
Vente aux industriels	1 096	1 557	1 859	370	964	1 461
Ensemble	1 096	1 517	2 506	275	926	1 904

On remarque à la lecture du tableau 1 que le taux de valorisation est un peu supérieur pour la vente à un réseau que pour la vente à des industries, alors qu'on pense en général que le réseau, n'achetant pas toute la production en été, a un taux de valorisation inférieur.

Production d'électricité seulement

Ces UIOM étant au nombre de 3, les moyennes n'ont pas de signification.

L'une des 3 a un turbo-alternateur de puissance inférieure aux besoins propres de l'usine.

Aucune des 2 autres n'a été optimisée pour la vente à EDF. Par tonne incinérée, l'électricité produite est 146 kWh et l'électricité vendue 122 kWh.

Les nouvelles UIOM ne produisant que de l'électricité sont aujourd'hui construites en optimisant mieux la puissance du turbo pour vendre à EDF. Les ratios de production électrique seront donc différents.

Cogénération (usines produisant chaleur et électricité)

C'est le groupe le plus important : 22 usines et 68 % des déchets incinérés.

Le taux de valorisation global atteint 70 %, mais ce taux est très variable, il varie en effet de 20 % à 100 % avec une valeur moyenne de 52 %.

On a deux modèles très différents :

- quelques grandes UIOM reliées à un grand réseau de chaleur qui prend toute la production d'été, et équipées d'une turbine à contrepression, frôlent les 100 % de valorisation,
- des UIOM de taille moyenne ne desservant qu'un réseau de faible taille qui a peu de besoins en été, équipées d'une turbine limitée aux besoins propres de l'usine, ont des taux de valorisation de 30 % à 50 %.

Tableau 2 : Ratios de production, d'autoconsommation et de vente (moyenne des ratios)

	Mini	Moyenne	Maxi
Chaleur			
Chaleur vendue par tonne incinérée (kWh/t) :	57	720	1 858
dont chaleur vendue aux réseaux (kWh/t)	57	860	1 858
dont chaleur vendue aux industriels (kWh/t)	148	429	715
Électricité			
Électricité produite (kWh/t)	4	98	370
Électricité auto consommée (kWh/t)	4	51	100
Électricité vendue (kWh/t)	0	48	300
Chaleur + électricité			
Vendues et auto consommées (kWh/t)	254	818	1 943

10 % de la vapeur produite est utilisée pour la production électrique, et 60 % est valorisée sous forme de chaleur. Près de 60 % de l'électricité produite est vendue.

Données économiques

Prix de vente du MWh de chaleur

Vente aux réseaux de chaleur

Le prix de vente du MWh hors taxes à la sortie de l'UIOM varie de 59 à 209 F (moyenne 104 F) (figure 3).

Vente à l'industrie

Le prix de vente du MWh hors taxes à la sortie de l'UIOM varie de 48 à 178 F (moyenne 78 F).

On observe un prix un peu plus élevé pour la vente aux réseaux de chaleur que pour la vente à l'industrie, mais la différence est faible.

Il faut bien observer que la formation de ces prix est très spécifique.

Ils obéissent à deux logiques économiques différentes :

Première logique : le prix est calculé en référence à celui des autres énergies que la chaleur produite par l'UIOM a rem-

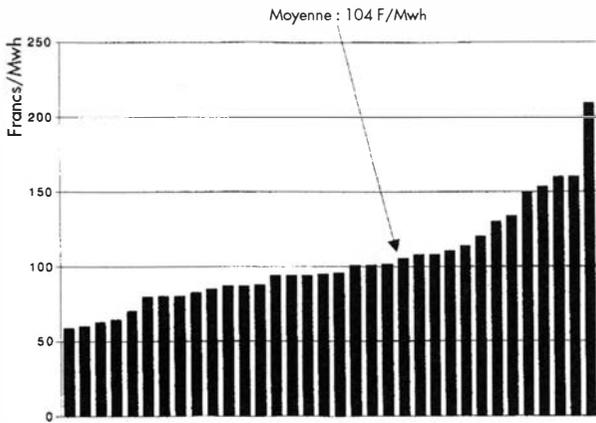


Figure 3 : Prix de vente de la chaleur aux réseaux

placée, en général celui du pétrole.
Deuxième logique : le prix est le résultat d'une négociation entre les deux collectivités ou les deux exploitants qui gèrent l'UIOM et le réseau.

Prix de vente de l'électricité à EDF

Les tarifs de rachat aux producteurs sont fixés par EDF. Les UIOM adoptent le tarif A5 ou B. Le tarif d'achat du kWh par EDF est extrêmement variable selon la saison et l'heure. Il est en général égal au tarif de vente par EDF en TLU (très longues utilisations) minoré de 5%. Si l'usine assure à EDF une puissance garantie, elle perçoit une prime fixe qui se rajoute au prix du kWh. Les prix observés dans l'enquête sont en moyenne annuelle, prime fixe éventuelle comprise, de 140 à 293 F/MWh (moyenne 220) (figure 4).

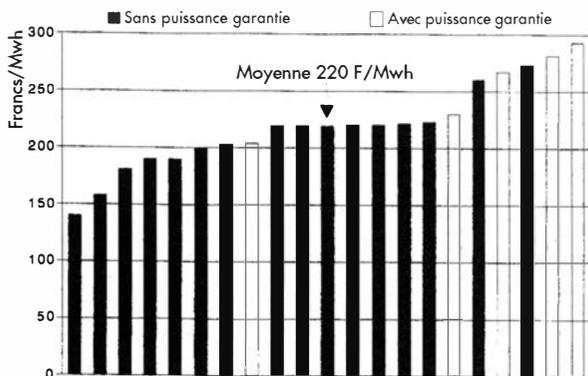


Figure 4 : Prix de vente de l'électricité à EDF

Seules 5 UIOM assurent une puissance garantie. Elles perçoivent alors une prime fixe qui représente de 10 à 40% des recettes.
La production et la vente d'électricité ne sont pas optimisées sauf dans quelques cas très rares d'usines récentes. Il semble que des progrès importants puissent être faits en ce domaine.
L'économie obtenue par autoconsommation d'électricité peut être estimée en moyenne annuelle à 300 F/MWh.

Recettes de vente d'énergie

En multipliant les quantités vendues par les tarifs, on obtient un ratio de recette annuelle par tonne de déchets incinérés.

Recettes de vente de chaleur

Tableau 3 : Recettes de vente de chaleur (en F/t)

	Mini	Moyen	Maxi
Vente aux réseaux			
Chaleur seule	55	93	200
Cogénération	6	68	175
Vente aux industriels			
Chaleur seule	39	78	167
Cogénération	14	31	65

Recette de vente d'électricité à EDF

Tableau 4 : Recette de vente d'électricité à EDF (en F/t)

	Mini	Moyen	Maxi
Electricité seule	23	42	61
Cogénération	1	17	80

Économie par autoconsommation d'électricité

Au prix moyen annuel estimé de 0,30 F/kWh, l'économie varie de 1,20 F à 30 F/tonne avec une moyenne de 15,3 F/tonne.

Recette totale (vente de chaleur + vente d'électricité + autoconsommation d'électricité) (figure 5)

Les résultats sont extrêmement dispersés entre 0 et 200 F/tonne. 7 UIOM dépassent 120 F et 8 n'atteignent pas 50 F. Le coût global de l'incinération (amortissement + exploitation) se situant aujourd'hui entre 400 et 600 F la tonne. La recette de vente d'énergie procure de 10 à 40% de ce coût, en moyenne 20%.
Les recettes de vente d'énergie approchent 900 Millions de Francs, dont 77% de chaleur, 17% d'électricité, et 6% d'économie par autoconsommation.

Tableau 5 : Recette totale (en F/t)

	Mini	Moyen	Maxi
Chaleur seule	39	85	200
Electricité seule	23	42	61
Cogénération	19	92	198

LES USINES D'INCINÉRATION EN PROJET

18 projets d'UIOM nouvelles avec valorisation énergétique ont été aidés par le Fonds de modernisation de la gestion des déchets (FMGD) depuis Novembre 1993. 3 ont été mises en service fin 1995. Ces 18 projets représentent la nouvelle génération des UIOM intégrées dans des projets multi-filières. Il est donc intéressant de les analyser. Contrairement à l'enquête sur les 80 UIOM existantes, les données utilisables ne sont bien sûr que des prévisions et non des résultats d'exploitation. Il faut donc être un peu circonspect sur ces prévisions et

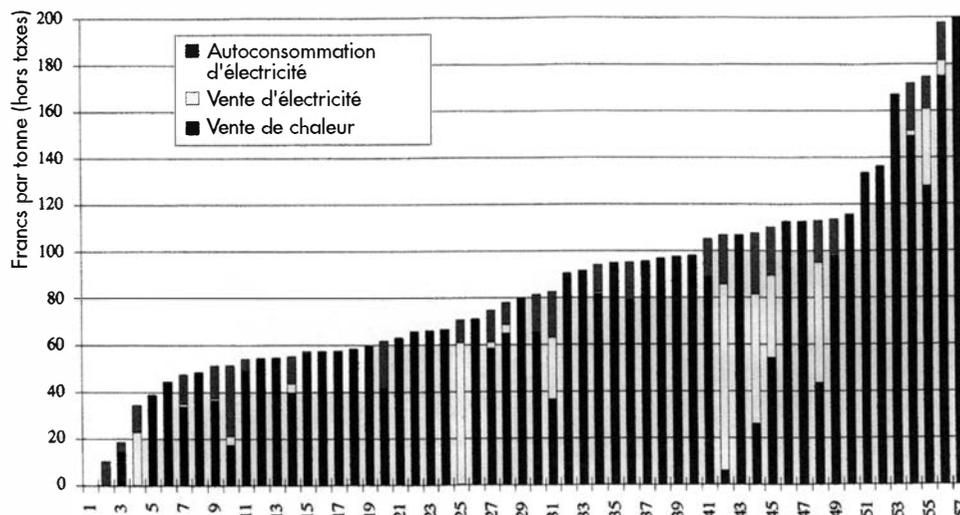


Figure 5 : Usines d'incinération des ordures ménagères avec valorisation énergétique (Amorce-Ademe, décembre 1995)

attendre une confirmation par l'expérience au cours des prochaines années.

Mode de gestion

C'est presque toujours le contrat d'exploitation et le bail emphytéotique, il n'y a aucune régie.

Quantité de déchets incinérés

1 815 000 tonnes, soit un accroissement de 22 % du tonnage incinéré avec récupération.

Pouvoir calorifique des déchets

Il varie de 1 857 à 2 954 kWh avec une moyenne de 2 463. Les nouvelles UIOM incinèrent des déchets dont le PCI est supérieur de 100 kWh en moyenne par rapport au parc existant

Rendements four chaudière

Ils sont prévus en moyenne à 74 %.

Énergie produite

3 UIOM seulement prévoient une production et vente de chaleur. Les 15 autres ne produisent que de l'électricité. C'est un complet renversement de tendance par rapport aux UIOM existantes.

Parmi les UIOM actuelles, seules 5 % ne produisent que de l'électricité.

Parmi les projets, ce pourcentage est de 83 %.

Le taux de valorisation se situe entre 20 et 30 %.

La production électrique dépasse parfois légèrement 400 kWh par tonne.

86 % de l'électricité est vendue.

Prix de vente du MWh électrique

La plupart des projets prévoient d'assurer une puissance

garantie, ce qui augmente la recette moyenne. La nouvelle génération est mieux optimisée sur la base de la vente d'électricité.

La recette par MWh se situe entre 200 et 310 F, avec une moyenne de 244 F.

La recette par tonne incinérée varie de 50 à 130 F, ce qui se situe dans la moyenne des usines actuelles, mieux que les plus faibles, mais moins bien que les meilleures.

CONCLUSION

La valorisation énergétique des ordures ménagères et assimilées présente une contribution non négligeable au bilan énergétique national, de l'ordre d'un million de Tep.

La valorisation actuelle est faite surtout sous forme de chaleur, avec environ deux tiers de l'énergie produite valorisée. La cogénération est assez souvent utilisée, mais avec des puissances électriques trop souvent limitées aux seuls besoins de l'usine.

La vente d'énergie procure des recettes qui couvrent de l'ordre de 20 % du coût de traitement.

On assiste depuis 1993 à un profond changement de tendance puisque la quasi totalité des nouvelles usines ne produisent pas de chaleur, pour diverses raisons. La production électrique est en revanche bien plus optimisée que dans le parc existant, et la recette attendue du même ordre que la moyenne des usines existantes, mais inférieure à celle que procure la vente simultanée des deux énergies.

* **Alain Cabanes**

Délégué général - Amorce - 3, rue du Président Carnot - 69002 Lyon

** **Sylviane Oberlé**

Chargée de mission - Amorce - 3, rue du Président Carnot - 69002 Lyon