

Ordures ménagères, chlore et PVC

Points de vue d'un ingénieur municipal

Rémi Guillet *ingénieur en chef de la Ville de Paris

L'ingénieur chargé d'environnement dans une grande ville est, par la force des choses, «au courant» de la plupart des questions écologiques évoquées en liaison avec l'élément chimique chlore et divers de ses composés organiques :

- Il «voit» les divers plastiques chlorés dans les ordures ménagères et leurs conséquences sur ses fours d'incinération.
- Il utilise (et donc stocke) le chlore liquéfié pour la stérilisation de l'eau potable.
- Il peut être épisodiquement confronté à des questions de transformateurs aux PCB, de résidus de pesticides organochlorés, de déchets de solvants chlorés (pressings, dégraissage...).

Encore plus qu'un autre, il doit, devant ces questions, viser à réduire, voire supprimer, les problèmes ou dangers réels, mais aussi conserver son esprit critique et pragmatique pour relativiser les divers enjeux, et hiérarchiser leur traitement.

* Conseiller scientifique et technique à la direction de la Protection de l'environnement, Mairie de Paris, 2, rue Beaubourg, 75004 Paris.
Tél. : (1) 42.76.50.63. Fax : (1) 42.76.50.60.

Contexte réglementaire de l'élimination des ordures ménagères

L'élimination des ordures ménagères est une des actions obligatoires des communes, comme le précise l'article L 373-2 du Code des Communes (article 12 de la loi Déchets du 15 juillet 1975) : «les communes ... assurent ... l'élimination des déchets des ménages».

Ce court rappel juridique est important puisque cette exigence justifie déjà à elle seule l'approche pragmatique évoquée ci-dessus que doit avoir le responsable municipal (élu ou fonctionnaire communal).

Le même code (article L 373.3) précise que «les communes peuvent également collecter les autres déchets qu'elles peuvent éliminer avec les ordures ménagères». Cette possibilité est souvent retenue pour des activités de la vie urbaine comme les écoles, bureaux, centres de soin... et la composition des ordures ménagères d'une zone donnée s'en ressentira, ainsi que le tonnage produit.

S'agissant de la quantité, rappelons que la production d'ordures ménagères est de quelque 20 millions de tonnes pour la France (soit 360 kg par Français et par

an, ou encore, 1 kg par jour). Dans le cas de Paris, la prise en compte des activités donne une collecte sensiblement plus importante, de 550 kg par Parisien et par an (1 200 000 t par an).

Pour ce qui est de la composition, le *tableau I* présente les grandes données de la composition des ordures ménagères en France et confirme les différences parisiennes dues tant à la vie citadine qu'aux activités.

Place des plastiques et du PVC dans les ordures ménagères

Au vu de ces chiffres, qu'il s'agisse de la France entière ou de Paris, la place des matières plastiques dans les ordures ménagères (OM) - environ 10 à 13 % - ne paraît pas, au premier abord, être de tout premier plan. Nous allons voir que c'est a fortiori le cas lorsque l'on s'intéresse à une matière plastique individualisée.

Les analyses détaillées effectuées tous les 18 mois par la société Tiru, exploitant des usines Syctom/Ville de Paris, donnent des indications intéressantes à cet égard [1], y compris pour l'évolution à long terme (*tableau II* et *figure 1*).

Tableau I - Composition des ordures ménagères en France et en région parisienne.

Matières	France 1990	Paris 1991	Paris 1992
papiers cartons	30	39	32,5
matières putrescibles	25	14	15
verre	12	9	9
métaux	6	4	4
plastiques	10	10	12,5
textiles	2	3	7
fines (< 20 mm)	15	15	14
divers	pm	6	6
(source)	Ademe	Tiru	Tiru

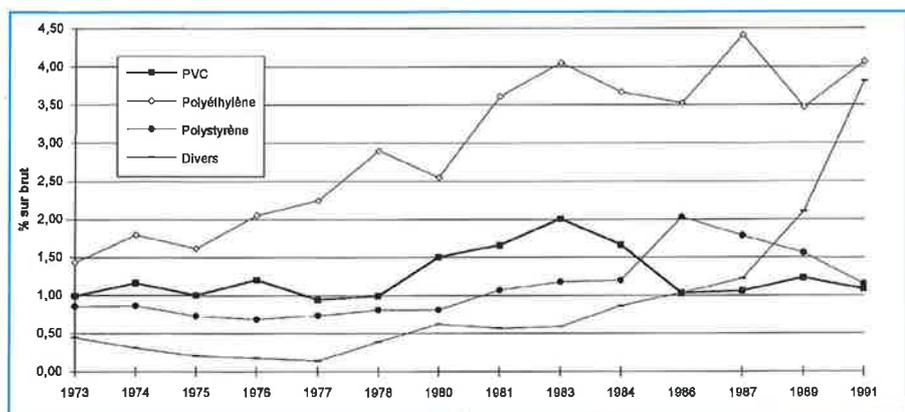


Figure 1 - Évolution de la teneur en différents plastiques dans les OM de la Ville de Paris entre 1971 et 1991 (Source Tiru).

Il convient de noter que ce type d'analyse, compte tenu de l'hétérogénéité de la matière et de son caractère fluctuant dans le temps et l'espace, ne donne qu'un ordre de grandeur, une image floue, et doit être manié avec prudence, même corroboré par d'autres données telles que la répartition des plastiques mis sur le marché.

Les fluctuations énormes observées d'une analyse à l'autre confirment notre remarque ci-dessus puisque, par exemple, la part du PVC varie du simple au double et le pourcentage des «autres plastiques» d'un facteur 4.

Malgré leur flou, «nos photographies instantanées» nous montrent cependant deux éléments importants :

- aucun matériau polymère (sauf peut-être le polyéthylène, majoritaire dans les polyoléfinés) ne joue un rôle essentiel dans les plastiques et à plus forte raison dans les ordures ménagères ;
- le PVC est, au plus, secondaire (1/4 des plastiques soit moins de 3 % des OM) et, éventuellement du troisième ordre (10 % des plastiques, soit environ 1 % des OM).

Nous nous proposons donc de rechercher maintenant les raisons pour lesquelles, malgré cette place, le PVC est depuis une vingtaine d'années une des premières préoccupations (sinon priorités)

Tableau II - Répartition des plastiques dans les ordures ménagères.

Plastiques	Analyse 1991	Analyse 1992
Polyoléfinés (PE,PP)	40 %	45 %
PVC	11 %	25 %
Polystyrène	11 %	16 %
P E T	3,50 %	5 %
Autres plastiques	34,50 %	9 %

en matière d'ordures ménagères. Certaines, nous le verrons, ne sont pas de la compétence de l'ingénieur municipal. Quelques unes, par contre, le concernent au premier chef mais méritent des investigations complémentaires pour éviter des décisions d'actions peu utiles et coûteuses.

Moyens d'élimination des ordures ménagères

Le tableau III rappelle la répartition des grands modes de traitement en vigueur en France pour les ordures ménagères en 1990.

Dans le cas de Paris, la majeure partie des déchets solides collectés à Paris sont brûlés dans trois très grandes usines d'incinération situées dans la proche banlieue [2a].

Ces usines sont mises à disposition du Syctom (SYndicat Mixte Central du Traitement des Ordures Ménagères) qui réunit quelques 4,5 millions d'habitants pour une production de 2,3 millions de tonnes de déchets par an soit le double de Paris seul.

Au niveau de Paris et du Syctom, 75 % des déchets sont brûlés (soit 1 800 000 t/an) dans les trois usines ci-après.

- La plus petite des usines, Issy-Les-Moulineaux, reconstruite en 1965, est équipée de 4 fours brûlant chacun 17 t/h de déchets.
- La plus grande, à Ivry-sur-Seine,

entrée en activité en 1969 (photo 1), est une des plus importantes au monde, avec ses deux énormes fours de 50 t/h chacun.

- La troisième usine, la plus récente, est celle de Saint-Ouen II qui a démarré en 1988. Elle est équipée de 3 fours de 28 t/h chacun.

Les ordures ménagères issues des communes du Syctom qui ne sont pas incinérées sont actuellement expédiées en décharge essentiellement par l'intermédiaire du centre de transfert de Romainville. Il est à noter que le Syctom s'équipe de centres de tri. Le premier à Romainville a été mis en service en 1993, d'autres suivront à Ivry et à Vitry où une quatrième usine d'incinération devrait être mise en service au tournant du siècle.

Les trois usines d'incinération parisiennes sont exploitées par la société Tiru (Traitement Industriel de Résidus Urbains) qui opère depuis 70 ans pour la Ville de Paris.

Pourquoi le PVC ? Cas de la mise en décharge

Parmi les modes d'élimination utilisés jusqu'à ce jour en France, le plus répandu a donc été la mise en décharge et il est clair qu'à ce niveau l'ensemble des plastiques et tout particulièrement le PVC ne posent pas de problème «écologique» (pollution de l'eau, de l'air...). Tout au plus la remarquable stabilité des plastiques peut-elle amener des questions à long terme pour ces matières plastiques qui restent dispersées dans l'environnement¹.

Photo 1 - L'usine d'incinération d'Ivry-sur-Seine, avant sa rénovation.



Tableau III - Répartition des grands modes de traitement en France (1990). Source : ANRED/ADEME 1990.

Mise en décharge	52 %
Incinération sans récupération d'énergie	10,5 %
Incinération, avec récupération d'énergie	27 %
Tri-compostage	6,5 %
Recyclage	4 %

Il faut, par contre, signaler un problème, non spécifique au PVC car posé par la plupart des matières plastiques : sous leur forme utilisée par les particuliers ou les activités, bon nombre des plastiques présentent **une densité extrêmement faible** que ne compensent que partiellement les diverses opérations de compactage, soit au cours de la collecte des ordures soit pour leur mise en place en décharge.

L'ingénieur municipal le constate très facilement au niveau du stockage et de la présentation des ordures ménagères. Dans les cas où, comme à Paris, des conteneurs (en polyéthylène) sont mis à disposition des habitants, une part importante (plus de la moitié) du volume nécessaire est représenté par les emballages. Pour certains immeubles d'habitation, les bouteilles PVC (essentiellement pour eau potable) peuvent représenter à elles seules 20 à 25 % du volume. Il peut en résulter dans certains cas, faute de place, des présentations d'ordures en vrac, cartons, sacs divers, préjudiciables à la salubrité et la propreté de la rue.

Au niveau de l'élimination en décharge, les conséquences de légèreté des plastiques sont, notamment, l'encombrement (que regrettent les transporteurs et exploitants de décharges qui se font payer à la tonne) et des conséquences locales (envol...). Un autre problème est également le risque de feu (notamment volontaire, pour réduire le volume) que permet le caractère combustible du déchet.

On relèvera que ces problèmes sont le fait de nombreux matériaux autres que les plastiques (caisses en carton, plumes, journaux...).

Cas de l'incinération

C'est bien évidemment au niveau de la destruction par incinération que se pose une question particulière dans le cas du PVC (la question étant plus générale comme nous le verrons), que cette incinération soit effectuée avec ou sans récupération d'énergie.

L'incinération des ordures ménagères offre l'avantage considérable de réduire le volume des déchets ménagers d'un facteur 10, voire notablement plus si les mâchefers résiduels sont valorisés en techniques de travaux publics. Par ailleurs, une quantité d'énergie très importante peut être récupérée (350 000 tep² dans le cas de la Ville de Paris [2b]).

Les plastiques ont hautement contribué à la hausse du pouvoir calorifique des ordures ménagères à incinérer (encore 1% par an à Paris). Ceci est fondamental en termes d'élimination, puisque c'est le flux d'énergie éliminable (valorisable) qui est le facteur limitant de nos usines d'incinération. Le PVC, avec son PCI «réduit» (pouvoir calorifique inférieur), est le moins coupable des plastiques, dont le PCI est plus du triple (10 à 13 500 kcal/kg) de celui de la moyenne des ordures ménagères (3 100 kcal/kg).

Par contre, les plastiques ne sont pas seuls responsables : la hausse très forte de la part de papier/carton et la baisse de l'humidité moyenne ont également fortement contribué à l'accroissement du PCI.

Devenir du chlore

Lors de l'incinération des ordures ménagères, le chlore contenu (environ 10 kg/t soit 1 %), et notamment celui des plastiques PVC, se retrouve pour la majorité sous forme d'HCl gazeux dans

les fumées. Une partie du chlore est malgré tout piégée, essentiellement sous forme de sels minéraux dans les mâchefers. Au cours de l'épuration classique des fumées (indépendamment de la déchloruration - voir plus loin), une partie faible du chlore se retrouve également dans les cendres volantes, piégées au niveau des cendres sous chaudière ou des poussières sous électrofiltres.

Une analyse réalisée récemment par les services techniques de la société Tiru [1] permet de quantifier quelque peu la part de chlore non éliminée par les fumées, pour une usine ancienne (sans déchloruration).

Dans les mâchefers : teneur en chlore : 0,14 à 0,23 % soit 0,3 à 0,6 kg chlore/tOM.

Dans les cendres volantes : teneur en chlore : 6 à 12 % soit 1,5 à 3 kg chlore/tOM.

Dans les fumées : teneur : voir ci-après soit 6 à 7 kg chlore/tOM.

La répartition du chlore initialement présent dans les ordures ménagères entre les trois sous-produits de l'incinération peut, en d'autres termes, être décrite comme suit :

- une majeure partie (70 à 85 %) dans les fumées,
- une part non négligeable (15 à 27 %) dans les cendres volantes,
- une faible proportion (< 5 %) dans les mâchefers.

Émissions atmosphériques dans les fumées de l'incinération

L'incinération peut être une source importante de pollution atmosphérique,

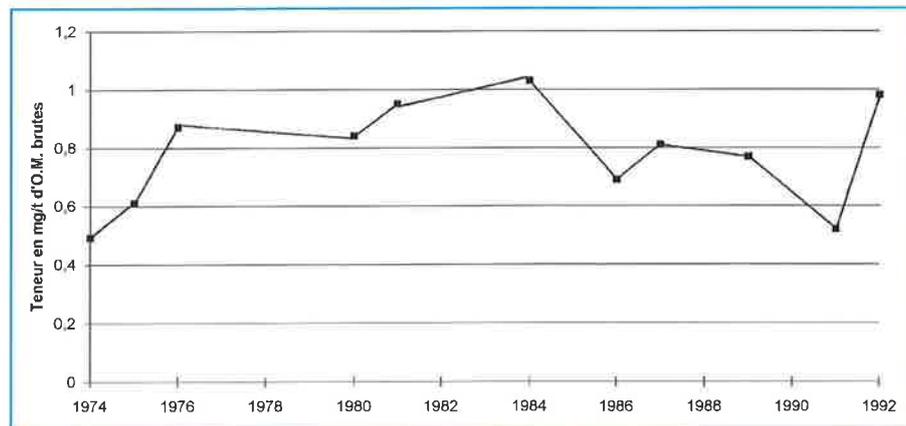


Figure 2 - Évolution de la teneur en chlore dans les OM de la Ville de Paris.

d'autant que les émissions de polluants des usines d'incinération sont effectuées, en règle générale, dans des zones urbaines ou périurbaines.

Les principaux polluants émis par une usine d'incinération peuvent être regroupés en 5 familles qui ont été traitées, dans cet ordre successif, par les diverses générations de règlements relatifs aux usines d'incinération :

- 1- poussières et dérivés malodorants,
- 2- acide chlorhydrique (HCl),
- 3- métaux, notamment métaux lourds, mercure, cadmium et autres métaux (plomb, zinc, ...) et par assimilation arsenic,
- 4- autres polluants de base, notamment oxydes d'azote et SO₂,
- 5- nano polluants (dioxines),

Nous n'évoquerons ici que les émissions d'acide chlorhydrique³.

L'ensemble des mesures effectuées sur les usines d'incinération en France donne un chiffre d'émission brut (valeur à l'émission avant tout traitement) d'environ 6 à 8 kg d'acide chlorhydrique par tonne d'ordures ménagères ce qui correspond à des concentrations d'environ 1000 à 1 400 mg d'acide chlorhydrique par Nm³ de fumées rejetées (rapporté à 7 % de CO₂ en volume sur gaz humide⁴).

Dans le cas des usines du Sycotom, les valeurs observées à l'émission sur les fumées brutes se situent dans la fourchette évoquée ci-dessus comme le montre la *figure 2* qui présente l'évolution de la teneur en HCl dans les fumées de l'usine d'Ivry pour la période des quinze dernières années qui n'a pas vu d'évolution du traitement d'épuration en place.

A titre d'illustration de la mise en garde⁴ ci-dessus et bien que le propos dans cet article ne soit pas d'entrer dans la discussion technique de détail, il convient de noter que les chiffres bruts figurant dans la *figure 2* devraient être pondérés pour prendre en compte par exemple le fait que, entre 1979 et 1993, la quantité d'ordures ménagères brûlées a sensiblement été réduite à capacité inchangée, du fait de l'augmentation de pouvoir calorifique des ordures ménagères...

Rapporté sous forme de flux brut émis, la valeur moyenne de 1 200 mg/Nm³ correspond à une émission d'acide chlorhydrique d'environ 7

kg/t se traduisant par des flux quotidiens et, a fortiori, annuels transcrits avec des chiffres très élevés : à une capacité de 100 t/h d'ordures ménagères correspond une émission journalière de 17 t d'HCl soit encore plus de 5 000 t/an. Même si ces flux globaux doivent être relativisés du fait qu'il s'agit d'unités de très grosse taille et, si par ailleurs, ils sont à rapprocher des flux d'HCl et d'autres polluants atmosphériques émis par des grandes sources urbaines comme les centrales thermiques au charbon, on comprend que les pouvoirs publics chargés de la santé et de la protection de l'environnement se soient intéressés⁵ très tôt à l'émission d'acide chlorhydrique des usines d'incinération d'ordures ménagères comme nous allons le voir maintenant.

Évolution de la réglementation des émissions de chlore des usines d'incinération d'ordures ménagères

Réglementation de 1972

La première réglementation française était constituée par la circulaire du 6 juin 1972 prise en application de la loi établissements classés du 19 décembre 1917. Elle a été publiée au milieu de nombreuses réglementations concernant les émissions de poussières de diverses activités industrielles (cimenteries, plâtrières, aciéries...).

Il est important de noter que cette circulaire ne comporte aucune disposition chiffrée relative à l'émission d'acide chlorhydrique. Seule est fixée une norme concernant la teneur en poussières (valeur «p» variant entre 0,15 et 0,6 g/Nm³ 7 % de CO₂ suivant la taille de l'installation). Par contre, dans le commentaire qui accompagne cette circulaire une précision tout à fait intéressante est donnée à savoir que :

«le calcul de la cheminée doit permettre une diffusion suffisante des autres polluants gazeux... et notamment du gaz chlorhydrique». Il est ajouté :

«Dans les résidus des centres urbains on trouve actuellement environ 0,45 % de chlore provenant essentiellement des emballages en chlorure de polyvinyle

qu'ils contiennent (ce qui correspond à environ 1 % de PVC). Une partie de ce chlore est évacué avec les mâchefers et le reste dans les gaz de combustion sous forme d'acide chlorhydrique».

Cette évocation historique offre donc l'intérêt de nous donner une première indication, de source officielle, sur l'origine de l'acide chlorhydrique émis par les usines d'incinération et sur le rôle des emballages PVC à l'époque (le début des années 70 correspond au début de l'explosion de la distribution d'eau minérale conditionnée en bouteille PVC en France : déjà 2 milliards de litres en 1971).

Circulaire du 21 mars 1983

Quelque 10 années plus tard, une circulaire bâtie sur le même modèle traite des usines d'incinération de **déchets industriels**, mais comporte (circulaire du 21 mars 1983) deux indications intéressantes concernant notre sujet.

- L'article 4 comporte une précision sur la teneur maximale à l'émission : «100 mg/Nm³ d'élément chlore (avec une autorisation de dépassement jusqu'à 300 mg/Nm³)».

- D'autre part, une remarque figurant dans les commentaires précise que «les déchets chlorés constituent un cas particulier à prendre en compte ; il convient à ce titre de considérer comme déchet chloré les résidus industriels contenant plus de 2 % de chlore *organique*». La faiblesse de cette teneur ainsi que la non-prise en compte du chlore *minéral* sont à relever.

Arrêté du 9 juin 1986

S'agissant des ordures ménagères, le second texte français a été l'arrêté du 9 juin 1986 relatif aux installations nouvelles d'incinération des résidus urbains, dans lequel une place importante était prise par l'émission d'acide chlorhydrique, place sensiblement équivalente à celle dévolue aux poussières. Outre sa prise en compte dans le calcul de la cheminée, l'indication essentielle figurant est la limitation de la teneur à l'émission pour les installations de capacité supérieure à 6 t/h ou comportant un four de capacité supérieure à 3 t/h à une valeur de 100 mg/Nm³ d'HCl (et 250 mg/Nm³ pour les installations comprises

entre 1 et 6 t/h), avec une autorisation de dépassement pendant 200 heures/an jusqu'à 600 mg/Nm³. Aucune limite n'était fixée à l'émission d'HCl pour les petites installations (inférieures à 1 t/h).

Arrêté du 25 janvier 1991

Le dernier texte relatif aux usines d'incinération est l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991 qui transcrit en droit national français les deux directives européennes du 8 juin 1989 relatives aux installations nouvelles/existantes d'incinération des déchets municipaux. S'agissant de l'acide chlorhydrique l'article 11 de cet arrêté précise les normes d'émission qui, suivant la taille des installations, sont les suivantes :

- capacité de plus de 3 t/h 50 mg/Nm³,
- capacité entre 1 et 3 t/h 100 mg/Nm³,
- capacité de moins d'1 t/h 200 mg/Nm³,

Ces derniers chiffres d'émission étant rapportés à 9% de CO₂ sur gaz sec, ces valeurs sont à multiplier par 1,28 pour les comparer à celles de la circulaire de 1983 et de l'arrêté de 1986.

Outre l'exigence d'une auto-surveillance des rejets, figurent aussi des dispositions relatives aux résidus solides de l'incinération, les résidus de déchloration étant explicitement cités à part (article 14 de l'arrêté). Ce même arrêté comporte des dispositions concernant les rejets d'acide fluorhydrique à l'atmosphère et de fluorures dans les eaux. Une disposition essentielle de l'arrêté, reprenant la disposition européenne, est l'application des nouvelles exigences réglementaires aux *installations existantes* avec les mêmes valeurs normatives mais une date de mise en conformité pour les installations, au :

- 1er décembre 1996, pour les installations de plus de 6 t/h,
- 1er décembre 2000, pour les installations de moins de 6 t/h.

C'est en application de ce texte que l'ensemble des usines d'incinération françaises existantes (à la parution du texte) doivent être aménagées et équipées de dispositifs d'épuration des fumées, et tout particulièrement de déchloration.

Dispositifs de lutte contre les émissions d'HCl

La nouvelle réglementation des émissions d'acide chlorhydrique des usines

d'incinération d'ordures ménagères impose une modification dans les techniques de dépoussiérage ou, plus exactement, impose l'addition de techniques complémentaires aux techniques utilisées jusqu'à présent.

En effet, compte tenu des caractéristiques des gaz de combustion et de la nature des polluants à retenir, la mise en place de dépoussiéreurs électrostatiques avait été une voie tout à fait satisfaisante pour le respect de la norme d'émission des poussières qui, comme indiqué plus haut, était la seule quantifiée pour les usines françaises.

La nécessité générale d'améliorer la performance environnementale, et le respect de la nouvelle réglementation imposent de développer des techniques complémentaires visant essentiellement à la déchloration des gaz provenant de l'incinération.

Il faut également indiquer que ces procédés permettent aussi, en règle générale :

- une amélioration du rendement du dépoussiérage (notamment par le renforcement nécessaire du dépoussiérage électrostatique - par exemple, adjonction d'un troisième champ),
- un blocage d'une bonne partie des métaux lourds, en particulier dans le cas du procédé par voie humide (Cf. ci-dessous) qui assure une température des gaz en captation sensiblement plus faible.

Classiquement, trois grandes techniques de prévention des émissions d'acide chlorhydrique peuvent être utilisées, reposant toutes sur le principe de la neutralisation de l'acide chlorhydrique gazeux contenu dans les fumées par un alcalin convenablement choisi. Plus que dans la nature de l'alcalin (la chaux s'impose en général par son prix), la principale différence tient au mode de mise en contact avec les fumées, qui fait plus ou moins appel à la présence d'eau.

Sans développer très avant ces techniques, rappelons que les grandes différences entre les procédés sec, semi-sec (ou semi-humide) et humide tiennent à la forme d'introduction du produit neutralisant qui se fait sous forme pulvérulente dans les procédés secs, sous forme de solution très concentrée (lait) dans le cas du procédé semi-sec, et sous forme d'une solution de lavage dans le cas des procédés par voie humide.

Ces trois techniques d'épuration/déchloration se traduisent par la création de sous-produits. Dans les deux premiers cas, il s'agit de poussières alcalines supplémentaires aux poussières précédemment collectées. Leur mise en décharge de classe 1, le cas échéant après stabilisation, est nécessaire.

Dans le cas des installations *par voie humide*, comme celles du Sycotom/Ville de Paris (photo 2), l'équipement d'épuration des fumées doit être complété par un important équipement

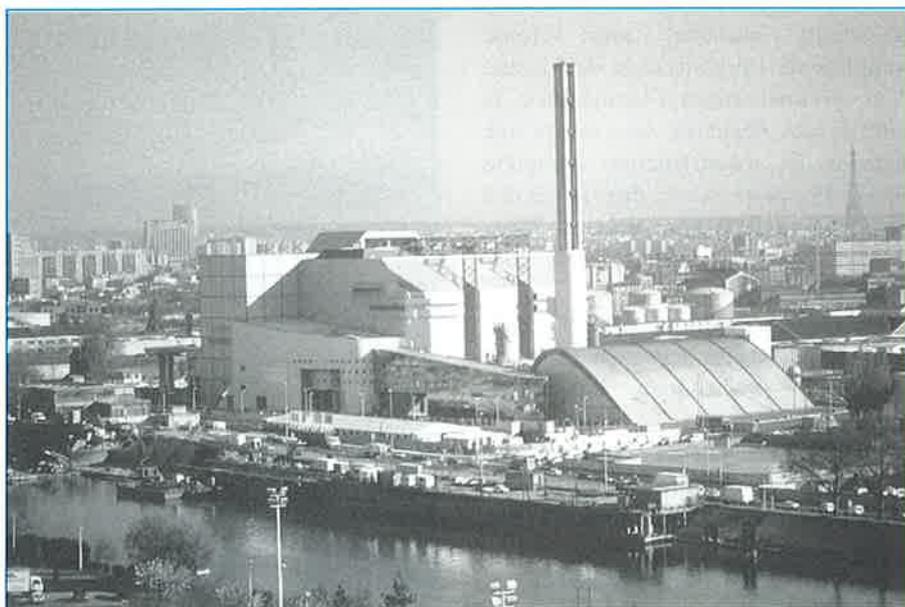


Photo 2 - L'usine de Saint-Ouen du Sycotom. Ses photographies illustrent de nombreuses plaquettes éditées par les plasturgistes et emballleurs d'Europe et du monde entier pour illustrer la valorisation énergétique des déchets plastiques. Mais, c'est avant tout... une usine d'incinération des ordures ménagères !

de traitement des eaux de lavage comportant la neutralisation des effluents et la précipitation des sels (essentiellement chlorure de calcium) formés. Ces derniers déchets sont également expédiés en décharge de classe 1 après contrôle du respect des exigences applicables (nouvel arrêté du 18 décembre 1992, modifié le 18 février 1994).

En terme de pollution, le résultat est spectaculaire, puisque, sur le seul HCl évoqué ici, le niveau atteint à Saint-Ouen est sensiblement moitié de celui de la norme européenne. Pour Issy, il est encore plus spectaculaire, avec des valeurs abattues de plus de 99 % (10 mg/Nm³ contre plus de 1 200 quelques mois auparavant). En flux quotidien, le kilogramme remplace le quintal ! ... (Cf. le cas de l'incinération).

Conséquences économiques

La mise en place d'installations de traitement complémentaire des fumées (déchloration) se traduit pour les usines d'incinération d'ordures ménagères par un coût supplémentaire important. Deux termes différents doivent être pris en compte :

- L'investissement nécessaire aux installations nouvelles d'épuration. Les transformations imposées par la mise en place des installations de déchloration sont considérables et peuvent, dans certains cas (par exemple usine d'Ivry-sur-Seine), entraîner une refonte complète de l'organisation de l'usine. Pour certaines usines d'incinération, le coût de ces dépenses sera tel qu'une décision de reconstruction complète pourra être prise. Ainsi, dans le cas des trois usines du Sycotom/Ville de Paris, trois cas de figure différents se sont présentés :
 - installation complémentaire d'épuration sur une usine neuve en cours de réalisation (Saint-Ouen, entrée en service en 1990),
 - mise en place simple d'équipements de lavage/déchloration (usine d'Issy-Les-Moulineaux : juin 1992 et mai 1993),
 - mise en place d'une installation de déchloration dans le cadre d'un remodelage de l'usine (Ivry-sur-Seine : avril 1995).

Pour ces trois usines, l'ensemble des dépenses d'investissement imputables aux modifications liées aux exigences réglementaires a dépassé 500 millions de francs.

Dans le cas des deux usines existantes, et malgré le respect total du planning serré du Sycotom visant à réduire au maximum les arrêts techniques liés à la mise en place des nouveaux équipements, le coût d'investissement s'est vu augmenté par le coût de la nécessaire mise en décharge des ordures pendant une partie des travaux nécessaires à la dépollution de l'usine d'incinération.

- Au coût d'investissement évoqué ci-dessus, s'ajoute le coût d'exploitation qui se décompose lui-même en deux postes principaux. D'une part, le coût de l'exploitation de l'installation elle-même avec notamment les réactifs (chaux, flocculants...), d'autre part le coût de la mise en décharge spéciale (décharge de classe 1) des résidus de la déchloration.

Dans le cas des usines du Sycotom, il est possible de résumer le coût des dépenses tant en investissement qu'en exploitation entraînées par la déchloration des fumées en indiquant que le coût antérieur de traitement s'est déjà trouvé augmenté de 2 fois 50 F/t :

- 50 F/t au titre de l'amortissement des installations et équipements nécessaires.
- 50 F/t au titre de l'exploitation de ces investissements.

Les nouvelles exigences relatives aux résidus ultimes vont alourdir encore le coût de l'environnement pour ces usines.

L'impact de la déchloration a ainsi joué un rôle essentiel dans la hausse considérable des coûts enregistrés et répercutés par le Sycotom entre 1990 et 1994, période au cours de laquelle le coût du traitement de la tonne facturée par le Sycotom aux communes adhérentes a dû passer de 90 F à plus de 250 F.

A qui imputer la déchloration ?

La question de la responsabilité de l'obligation (du besoin) de déchloration apparaît à première vue inutile, puisque à la fois le règlement (Cf. ci-dessus circulaire du 6 juin 1972), l'opinion commune ainsi que les indications données par les professionnels des plastiques annoncent clairement la responsabilité des emballages en polychlorure de vinyle, qui devraient donc se voir imputer les coûts supplémentaires de traitement dans les usines d'incinération.

On pourrait penser que le "système" de collecte de fonds (Éco-Emballages...) mis en place en France par les pouvoirs publics avec le décret du 1er avril 1992 relatif à la récupération des emballages des ménages, répond à cette préoccupation de la part des professionnels : Ils



Photo 3 - Expérience de collecte sélective. Chaque benne 15 m³ représente quelque 7 à 410 000 bouteilles qu'il faudra encore trier une à une ... mais seulement 400 kg de plastiques. La garantie de reprise Valorplast/Éco-Emballages en donnera une fois transportées, triées, mises en balles... à peine 600 francs.

participent largement aux émissions d'HCl par la distribution en France de milliards d'emballages en PVC (bouteilles, blisters...). Ils versent donc pour chaque emballage une "cotisation" qui aidera notamment les communes à financer la déchloration des fumées.

Malheureusement, la réalité est très différente, et sous de multiples aspects :

- Éco-Emballages et sa filiale plastique (Valorplast) favorisent quasi exclusivement la **collecte sélective** des bouteilles. L'incinération (si elle est propre et avec récupération d'énergie) n'est aidée que si une valorisation matière est faite par ailleurs.

- La "cotisation" (1 centime par bouteille) est notoirement insuffisante, quel que soit le mode de valorisation. La différence peut dépasser un facteur⁶ de 1 à 10.

- la pollution engendrée n'est pas prise en compte : 1 bouteille "paye" la même cotisation, qu'elle soit en polyéthylène, en PET ou en PVC.

- pour tous les plastiques et donc pour le PVC, Éco-Emballages et Valorplast considèrent les seules bouteilles à liquide alimentaire. Tous les autres emballages sont considérés comme hors du cadre valorisation matière (ce qui est probablement justifié techniquement...) et ne contribuent donc pas au déclenchement de l'aide à la valorisation énergétique.

Quoi qu'il en soit, une ville comme Paris doit donc examiner l'intérêt et la faisabilité d'une collecte sélective (*photo 3*) des emballages en PVC (ou plutôt, comme indiqué ci-dessus, des bouteilles en plastique, majoritairement en PVC, seules reconnues par Éco-

Emballages et Valorplast).

Deux grandes réponses sont déjà disponibles pour Paris, qui, toutes deux, vont dans le même sens.

Impact sur les usines d'incinération

Sur le plan de l'impact sur les usines d'incinération, il est clair que, même en supposant qu'une collecte sélective permette de récupérer 100 % des bouteilles en PVC, l'émission d'HCl dans les fumées restera quasi inchangée :

- Pour une usine équipée, le résiduel de HCl après épuration est le même, quelle que soit la charge en chlore des ordures ménagères et il en restera toujours (*Cf. ci-après*) car l'exploitant se "cale" soit sur la norme, soit sur la limite technique du procédé : seule la consommation de chaux diminuera un peu...

- Pour une usine non encore équipée de déchloration, il faudra de toute façon en installer une, car le résiduel de chlore restera important, et le cas précédent s'applique.

Revenons sur ce deuxième cas, pour mettre en évidence ce résultat trop souvent occulté.

L'abaissement de la teneur en HCl des fumées que permettrait la suppression des bouteilles en plastiques (supposées récupérées par une collecte sélective) est minime, et insuffisant de plus d'un ordre de grandeur pour le respect de la valeur limite réglementaire, 25 fois plus faible que la concentration constatée. La simple observation des ordures ménagères par une personne connaissant un tant soit peu les matières plastiques, d'une part, et les analyses effectuées sur les ordures ménagères d'autre part nous montrent en effet d'autres contributions

importantes à la teneur en PVC et en chlore des déchets incinérés.

Autres PVC

Les sociétés productrices savent bien que l'utilisation du PVC pour l'embouteillage d'eau à boire ou de vin n'est qu'un des usages de ce matériau.

1) Certains autres grands secteurs d'utilisation ne donnent pas lieu - sauf marginalement - à présence de déchets dans les ordures ménagères (par exemple tubes, raccords et profilés pour le bâtiment, gouttières, gaines, volets...).

2) D'autres, par contre, s'y rencontrent très fréquemment. Outre les objets précédents provenant des bricoleurs ou artisans, avec les câbles et fils électriques, revêtements de sols (dalles ou feuille type Gerflex), il faut citer tous les produits vraiment grand public, qu'il s'agisse de PVC rigide ou de PVC souple (avec plastifiants) :

- autres emballages : thermoformés (beurre, fruit, ...), blisters, films rétractables,
- cintres, matériels électriques,
- tous objets en tissus enduits ou en "skaï" : sacs, bagages, coussins, vêtements,
- chaussures et semelles, bottes,
- certains revêtements muraux,
- articles textiles chlorés,
- portes souples, jouets,
- et, pour l'anecdote - et montrer l'universalité du produit PVC - des produits aussi divers que les objets gonflables ou rideaux de douche, les télécartes et autres cartes plastiques ; voire... des arbres de Noël.

Ni une collecte sélective ni un tri même poussé ne permettraient de venir à bout de ces fragments et sources

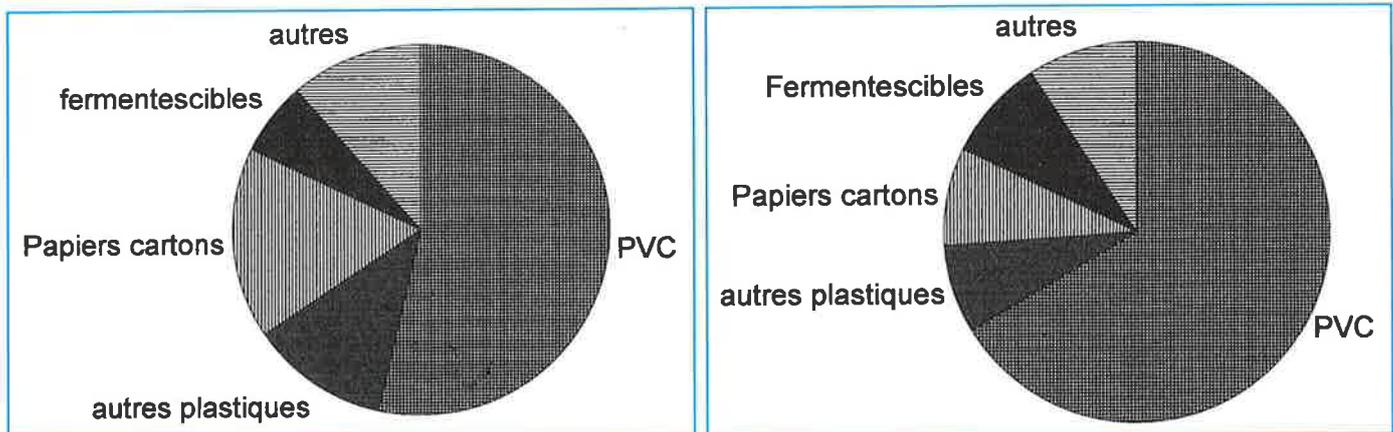


Figure 3 - Origine du chlore dans les ordures ménagères (sur sec, déferpillé, hors cendres). 1991 (à gauche) et 1992 (à droite)

Tableau IV - Teneur en chlore des éléments combustibles. Analyses effectuées par la société Tiru

Catégorie	Teneur en chlore %		Observation
	1991	1992	
Fines 0-8 mm	0,25	0,20	
Fines 0-19 mm	0,26	0,19	
Matières fermentescibles	0,70	0,93	
Papiers	0,32	0,36	sels (constitutif + cuisine)
Cartons	0,25	0,50	15 à 20% du chlore sont dans les papiers cartons !
Emballages composites	0,20	0,93	
Textiles sanitaires	0,52	1,13	plastique + urine ?
Textiles	1,54	0,96	fibres chlorées (type Rhovyl)
Autres combustibles	0,28	1,28	
Plastiques :			
PVC	31,40	34,57	la teneur est plus faible qu'attendu (autres plastiques, étiquettes...)
PE	0,74	0,95	erreurs de tri ?
PET	9,86	0,26	id
Polystyrène	0,96	0,81	id
Autres plastiques	0,02	4,32	présence de PVC

multiples de PVC pourtant d'un poids unitaire souvent très supérieur à celui des bouteilles, et contribuant donc aussi à la production d'acide chlorhydrique lors de leur incinération.

Autres sources de chlore

Par ailleurs, les analyses très poussées faites par la société Tiru pour Paris confirment qu'une part non négligeable de la teneur en chlore des ordures ménagères est apportée par d'autres composés que le PVC (figure 3).

Le tableau IV présente pour le chlore les résultats (sur produit sec) des analyses effectuées en 1991 et 1992 par la société Tiru sur la teneur en divers éléments minéraux [hors fraction cendre] pour chaque catégorie combustible (le verre par exemple n'est pas concerné).

Bien qu'il s'agisse, comme plus haut, de photographies instantanées " floues ", cet ensemble de valeurs montre clairement que du chlore - organique et minéral - est présent en quantités non négligeables dans les ordures ménagères, en dehors du seul PVC dont la contribution à hauteur de 50 %, indiquée dans de nombreuses sources, en France comme à l'étranger, est globalement confirmée. A noter cependant, les grandes variations induites par l'hétérogénéité des ordures ménagères, puisque l'analyse Tiru 1992 donne 2/3 du chlore dans le PVC (66 %).

Tout ceci confirme bien la nécessité d'une déchloruration des fumées, même en cas de collecte sélective des bouteilles

plastiques en PVC, dont au demeurant, 50 à 80% échapperont au geste civique ou " vert " demandé aux consommateurs.

Bilan écologique d'une collecte sélective

Outre ses implications techniques et économiques, un autre élément, important à considérer, est celui de l'impact écologique d'une collecte sélective de bouteilles plastiques. Le décideur municipal doit en effet s'assurer, avant toute action dont l'objectif premier est d'améliorer l'effet global sur l'environnement, que la nouvelle action n'entraînera pas un effet finalement négatif.

C'est dans ce contexte que la Ville de Paris a fait procéder, au cours de l'année 1993, à une étude relative au bilan environnement d'une collecte sélective des bouteilles plastiques en vue de leur recyclage. Cette étude avait fait l'objet de concertations avec le ministère de l'Environnement, la société Éco-Emballages et Valorplast. Elle a été confiée à la société Écobilan.

Outre ceux concernant les services de la Ville de Paris, les paramètres à prendre en compte et données chiffrées ont été recueillis par Écobilan auprès du Sycotom, de Tiru et de Valorplast, ainsi que diverses banques de données et industriels européens. Les conclusions de l'étude (figure 4) ont été présentées à la Ville de Paris et à ces partenaires en mars 1994.

Cette étude prenait comme base de la comparaison la situation supposée

stabilisée en matière d'élimination de déchets à Paris, c'est-à-dire pour 100 % des ordures ménagères, incinération avec récupération d'énergie, dans des unités conformes à la réglementation européenne. La solution comparée était donc l'organisation d'une collecte sélective des bouteilles plastiques par apport volontaire dans des conteneurs type conteneurs à verre. La valorisation des bouteilles plastiques en PVC et en PET était assurée, après un tri de mise au cahier des charges, dans le cadre de filières supposées elles aussi en routine, mais que l'on peut considérer comme très volontaristes et optimistes : PET et PVC étaient considérés comme se substituant à 100 % de résines vierges pour la fabrication d'éléments textiles (PET) et de tubes de drainage bi-peau (PVC).

Les résultats de cette étude, repris ci-après, sont valables exclusivement dans le contexte de la Ville de Paris, mais des études équivalentes devraient être menées pour Éco-Emballages dans des configurations différentes permettant à d'autres collectivités locales en France de disposer d'éléments sur le bilan écologique d'une décision de collecte sélective de matériaux d'emballages, dans leur cas particulier.

Dans le cas de la Ville de Paris, le résultat doit être qualifié de **très mitigé** avec un certain nombre de renseignements essentiels :

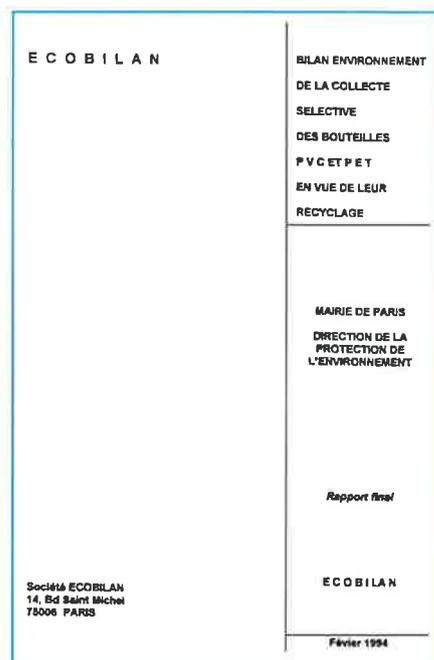


Figure 4 - Le travail d'Écobilan : des résultats essentiels... dont quelques uns paradoxaux.

– L'impact de la collecte sélective de bouteilles plastiques même généralisée et dans l'hypothèse d'un taux de rendement équivalent à celui de la collecte du verre (25 %) reste de deuxième ordre. Il est vrai que la majorité des ordures ménagères et une grosse partie des bouteilles plastiques continuera à suivre la même destination (récupération d'énergie) : l'impact lié au prélèvement des bouteilles PVC et PET représenterait environ 0,22 % en masse d'ordures ménagères ou 0,5 % en PCI ce qui relativise donc considérablement les autres conclusions décrites ci-après.

– L'impact de la collecte sélective en matière environnementale se traduit suivant le milieu et les polluants concernés par des **résultats contrastés**. Les écobilans réalisés montrent que certains flux seraient diminués et d'autres augmentés : certains polluants sont réduits, mais l'émission d'autres polluants est au contraire accentuée.

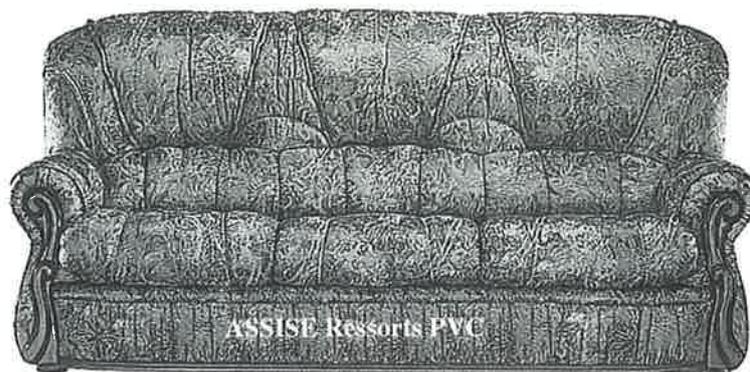
– La conclusion de l'étude précisait donc que la décision de mettre en place une collecte sélective de bouteilles PVC et PET n'était pas globalement pertinente en terme d'impact sur l'environnement.

– Au vu d'éléments aussi contrastés, le seul moyen dont nous pouvons disposer pour hiérarchiser les flux n'est pas la valeur (1 kg d'HCl ne peut pas être comparé, additionné ou soustrait d'un kilo de DCO). La société Écobilan précisait donc que seuls des critères propres au décisionnaire (ici, la Ville de Paris), relatifs à des choix prenant en compte les enjeux locaux pouvaient déterminer la hiérarchie entre divers polluants, permettant de faire pencher cette balance hésitante d'un côté ou de l'autre. Divers critères peuvent être retenus à ce titre :

- critère géographique (un flux de pollution intéresse d'autant plus un responsable municipal que ce flux survient sur le territoire de sa commune ou dans son voisinage),
- les préoccupations prioritaires : il est naturel pour ce même responsable de se préoccuper plus particulièrement de pollution locale (de l'air, de l'eau, ou production de déchets solides), alors qu'un responsable national pourrait s'intéresser plutôt à la consommation des ressources non renouvelables ou d'énergie, ou à une pollution transfrontalière ou planétaire.

366 MEUBLORAMA SAINT-ETIENNE (Loire) envoi

17-883 DIVAN-LIT, dit "le récupérateur"



Divan-lit moderne ébénisterie très robuste, vernie teintée même modèle que le divan-lit moderne 17-882, mais grâce à des fermetures à glissière, les coussins peuvent servir de dépôt à une vingtaine de bouteilles type eau de boisson pour attendre le jour de la collecte sélective modèle très astucieux, particulièrement étudié pour les intérieurs urbains suffisant pour une famille moyenne

Figure 5 - La collecte sélective pose de nombreux problèmes autres que ceux évoqués ici. En habitat vertical dense, comme à Paris, le premier problème se pose au niveau de chaque appartement et immeuble. Peut-être trouvera-t-on des solutions, comme celle proposée ci-dessus.

Au vu de ces critères prioritaires, l'examen des flux principaux concernés amène à constater que pour Paris les principaux polluants rejetés à l'atmosphère feraient l'objet d'une augmentation en cas de collecte sélective des bouteilles PVC (notamment pour l'air, les poussières, les SO_x, NO_x, CO₂ et HCl⁷). Il faut insister ici sur le fait que les résultats qui viennent d'être évoqués sont valables uniquement dans les hypothèses prises, c'est-à-dire essentiellement la configuration de Paris/petite couronne.

Outre la lourdeur tant technique qu'économique de la mise en place d'une collecte sélective de bouteilles plastiques dans les conditions envisagées, les résultats de l'étude Écobilan **amènent à l'évidence à écarter l'idée d'une telle collecte.**

Force est de constater, au vu des deux éléments qui viennent d'être examinés :
 – impact écologique d'une collecte éventuelle de bouteilles plastiques,
 – et persistance d'une émission importante d'HCl des usines d'incinération même avec une collecte sélective, que la voie retenue par la Ville de Paris apparaît la seule, dans le cas de son

système d'élimination des déchets, à être écologiquement et techniquement valable. Nous n'avons volontairement pas examiné ici les considérations économiques : les aides que pourrait apporter Éco-Emballages (y compris le déclenchement d'une prime pour incinération propre) seraient loin de compenser les surcoûts réels supportés par le Sycotm, la Ville de Paris et ses habitants.

Il est possible, par contre, que dans une collectivité locale où la gestion des déchets repose encore sur une mise en décharge, ou sur une incinération non propre sans récupération d'énergie dans une unité obsolète, l'écobilan d'une collecte (probablement différente de celle spécifique envisagée à Paris) des bouteilles plastiques présenterait une conclusion différente. Resteraient par contre les coûts et les autres PVC...

Dans de telles conditions, beaucoup de citoyens et consommateurs se posent la question " n'y a-t-il pas moyen d'éviter au moins une partie de ces déchets plastiques et notamment de PVC ? "

L'ingénieur municipal se pose aussi cette question et, pour une part, la réponse est dans ses mains : quand il s'efforce, avec son autre casquette de

producteur et distributeur d'eau, de la rendre meilleure, potable (au sens réglementaire) mais aussi agréable (par exemple un chlore résiduel pour la sécurité, mais pas trop pour le goût), quand il fait connaître ces qualités jumelées au prix, **bref, quand il fait boire l'eau du robinet**, bonne dans de nombreuses communes - comme à Paris - au lieu d'"eau en bouteille plastique".

On peut compter sur lui pour aider à répondre à l'accusation, "PVC = chlore = poison écologique". On doit compter avec lui : il continuera à contester le gaspillage, les consommations évitables et génératrices de déchets inutiles.

Références

- [1] Bilan du chlore dans la combustion des ordures ménagères, Tiru - juin 1994, Service Maîtrise environnement (note aimablement communiquée par MM. Presles et Finet - Tiru).
- [2a] Guillet R., The management of solid wastes in Paris area, Davos Recycle, mars 1993.
- [2b] Guillet R., Energy from wastes in Paris : Efficient and Clean, Davos Recycle, mars 1994.
- [3] Le point sur les emballages alimentaires en PVC, Gecom, 1978.
- [4] Cot G., Mesure des installations d'incinération de déchets municipaux CVC, décembre 1989.
- [5] Olier, Allary Milhau, La prévention de la pollution atmosphérique produite par l'incinération des ordures ménagères, TSM L'eau, septembre 1989.

Notes

- 1 Il faut relever qu'en particulier une toxicité du chlorure de vinyle monomère pour les consommateurs, qui avait été abusivement mise en cause pour les bouteilles PVC dans la deuxième partie des années 70 à partir de la toxicité professionnelle (risque de cancer du foie...), a été très certainement à l'origine d'un des préjugés négatifs à l'égard du PVC, alors qu'elle n'a jamais eu de raison d'être pour les emballages PVC. On peut signaler, ici, qu'en 1979 près de la moitié d'un document professionnel édité par la Gecom était consacré à cette question maintenant oubliée par le public [3].
- 2 Tonnes d'équivalent pétrole.
- 3 Bien que des travaux en cours à la CEE permettent de craindre une sévrisation excessive et pour le moins prématurée des normes concernant les NO_x (les usines d'incinération sont moins nombreuses que les automobiles !) et les dioxines ("polluant psycho-émotionnel à effet politique prolongé").

4 Il est important de noter que, pour tout travail précis concernant les émissions atmosphériques des usines d'incinération, le plus grand compte doit être pris des conditions dans lesquelles est exprimé le volume de fumées émises. En effet, encore plus que pour tout autre combustion, vont intervenir les variations extrêmement fortes de la composition du déchet lui-même (les teneurs en inerte et en humidité, par exemple, peuvent fluctuer énormément autour de valeurs moyennes qu'on peut situer à 30 % chacune). D'autre part, par rapport à la combustion stoechiométrique, des variations considérables de l'excès d'air apparaîtront suivant les techniques d'incinération. Sur ce point, voir le document très complet de M. Cot [4].

- 5 Quelques incidents spectaculaires ont par ailleurs attiré l'attention, comme l'effondrement d'une des cheminées de l'usine d'Issy-Les-Moulineaux le 2 novembre 1977 : la corrosion par l'HCl d'une partie de l'armature avait modifié les caractéristiques (fréquence propre) du fut qu'un vent violent arriva à souffler...
- 6 Sur une base de 100 F de coût supplémentaire de dépollution par tonne d'ordure incinérée, le surcoût imputable à une bouteille d'eau minérale de 40 g en PVC peut être apprécié comme suit :
 - 100 F/t, à imputer au chlore contenu (10 kg par tonne d'OM), donc 1 centime par gramme de chlore.
 - la bouteille, estimée contenir 50 % de chlore

(soit 20 g) revient donc à 20 centimes, soit 20 fois sa cotisation à Éco-Emballages. (En n'imputant que la moitié des dépenses de dépollution des fumées des UTOM du Syctom à la déchloration, le prix de revient d'une bouteille atteint encore 10 centimes, soit 10 fois sa cotisation).

Il faut noter que sur la base des données recueillies par Valorplast sur les collectes existant en 1992, et des estimations faites pour Paris, la collecte sélective des bouteilles PVC reviendrait à 5 000 F/t; soit 12 à 15 c/bouteille. La majeure partie du coût de déchloration (investissement + part fixe de l'exploitation) subsisterait par ailleurs.

7 L'augmentation de l'émission de HCl qu'entraînerait, dans les hypothèses prises, la collecte sélective des bouteilles plastiques, notamment en PVC est apparue paradoxale et elle est frappée tout particulièrement puisque l'émission d'HCl est la motivation n°1 avancées depuis 20 ans pour la mise en place de collecte sélective de bouteilles d'eau minérale. L'explication en est relativement simple : dans les hypothèses retenues, il y aurait substitution de l'énergie produite par les bouteilles plastiques qui seraient collectées séparément par de l'énergie produite en centrale au charbon (situation de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain). Le fait que le charbon ait un contenu de 0,1 % de chlore et que l'émission d'HCl consécutive ne fasse l'objet d'aucun traitement explique aisément le paradoxe.

UNE "MAXI D'EAU" ...

Boire 1 litre et demi d'eau du robinet coûte au Parisien 1 centime.
 Vous avez bien lu : il s'agit de centime.
 Pour être plus précis, sachez que le prix du m³ d'eau à Paris est d'environ 8,50 Francs. Un m³ représentant 1.000 litres, la division nous amène aux alentours de 0,01 Franc la "maxi" d'1,5 litre.



En fait, le Parisien paye son eau à un prix inférieur à la moyenne française qui se situe à peu près à 10 F le m³.
 Il est rarement conscient de ce petit privilège puisque, pour la plupart des habitants de la capitale, le coût de l'eau est inclus dans les charges de copropriété ou répercuté dans les charges locatives.

...POUR 1 CENTIME

Bien des Parisiens, qui n'ignorent rien de leurs factures d'électricité, de gaz ou de téléphone, n'ont jamais vu de facture d'eau.
 S'ils avaient l'occasion de l'examiner attentivement, ils se rendraient compte de sa complexité.
 La vente de l'eau permet en effet de financer aussi la collecte et l'épuration des eaux usées, par le jeu des redevances perçues au profit des collectivités qui en ont la charge, ainsi que les interventions de l'Agence de l'Eau de Seine-Normandie et un fonds géré par l'État pour le développement des aductions d'eau dans les campagnes. ■



Une bonne eau potable au robinet vaut mieux qu'une collecte sélective (extrait d'une plaquette «L'eau à Paris», distribuée au grand public).