

COLLECTES SÉLECTIVES MULTI-MATÉRIAUX DE DÉCHETS MÉNAGERS

APPROCHE DES COÛTS DE TRI (EN CENTRE DE TRI)

Gérard Bertolini*

Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique

L'article vise à simuler les coûts et les emplois associés au tri (en centre de tri) du produit des collectes sélectives multi-matériaux de déchets ménagers, suivant diverses hypothèses (étude de cas).

The paper simulates the cost and the employment in a Sorting Centre of the product of multi-material separate collection of household refuse in relationship with some assumptions (cases study).

Le coût de tri est fonction de nombreux paramètres. Diverses hypothèses seront formulées, pour opérer une analyse de sensibilité des résultats. Les frais de personnel notamment sont importants, dans la mesure où le tri est surtout manuel. La nature (ou composition) du flux doit être précisée ; elle conduit à un dénombrement en termes de nombre d'objets, correspondant à un nombre de gestes du trieur.

On supposera en premier lieu que les collectes sélectives et le tri concernent une collectivité de 100 000 habitants.

HYPOTHÈSE I

- Tri :
 - manuel, sauf pour l'acier (« overband »),
 - positif, sauf pour le verre cassé et journaux-magazines.
 - Rendement horaire du tri manuel (par heure travaillée, et à titre d'hypothèse) :
 - en positif : 1 800 objets/heure,
 - en négatif : 700 kg/heure pour les journaux-magazines.
- Pour assurer le tri du tonnage entrant (8 000 tonnes), il faut en principe 2 équipes de 6 trieurs, sur la base d'un fonctionnement du centre de tri 70 heures par semaine et 50 semaines par an (soit 3 500 heures par an).

Il convient en réalité de tenir compte des congés, de l'absentéisme, etc., ce qui conduit à estimer que 15 trieurs sont nécessaires. S'y ajoutent d'autres catégories de personnel et d'autres dépenses.

Moyens et charges en personnel

1/2 chef de centre, ou autre personnel d'encadrement, 1 chef d'exploitation, 2 chefs de quart, 15 trieurs, 3 personnes pour la manutention (conducteur d'engin, opérateur presse) et l'entretien, 1 secrétaire-comptable à mi-temps, soit au total 22 personnes.

Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 2,75.

Coût en personnel (y compris charges sala-

Tableau 1 : Hypothèse I - Collecte sélective bi-flux corps creux (y compris verre)/corps plats (papiers-cartons, y compris journaux-magazines)

* quantités collectées à trier :	kg/hab/an	tonnage annuel
- Corps creux	50	5 000
- Corps plats	30	3 000
- Ensemble	80	8 000

* Détail des flux entrants

Tableau 2 : Détail des flux entrants¹

	Corps creux						Corps plats		
	Verre	Plastiques			Alu	Acier	Journaux-magazines	Autres	
kg/hab/an	40	PVC 3,7	PET 1,7	PEhd 1,0	briks 0,4	0,2	3,0	25	5
% massique dans chaque flux	80 %	7,4 %	3,4 %	2 %	0,8 %	0,4 %	6 %	83 %	17 %
Poids unitaire par objet (en g.)	320 ²	45	45	70	25	15	80	150	120
Nombre d'objets par tonne entrante (tonne de mix)	2500	1644	756	286	320	267	750	5333	1417
Correction taux de refus : - 10 à 12 % CC, - 5 % CP	2250	1480	680	257	288	240	675	5066	1346
	5195								

1. Chiffres empruntés à Sita, notamment à partir du cas de Valenciennes (Sertiru), mais les autres considérations s'écartent de ce cas, en premier lieu le tonnage entrant considéré.

2. Hors casse, estimée à 10 %

riales) : environ 3 310 kF par an, soit 414 F par tonne entrante.

Autres dépenses d'exploitation : 600 kF/an

Amortissement des investissements (en fait très variable suivant les cas) : 1 800 kF. Total : 5 710 kF/an, (dont frais de personnel : 58 %).

Il faut également ajouter le coût d'élimination des refus de tri. Dans l'exemple retenu, le taux de refus est faible. On considérera que ces refus sont incinérés, dans le cadre d'une usine moderne :

$650 \text{ tonnes} \times 500 \text{ F/t} = 325 \text{ kF}$

On obtient en définitive un coût total de 6 035 kF/an, soit 754 F par tonne entrante.

En fait, le coût à la tonne est plus élevé pour les corps creux que pour les corps plats. Il s'agit de coûts hors recettes provenant de la cession des matériaux triés et conditionnés. Dans l'exemple considéré, on notera que l'installation de « l'overband » pour l'acier est largement justifiée, par rapport à un tri manuel, en termes de coût : l'overband remplace un trieur à temps plein, dont le coût serait au moins quatre fois plus élevé.

Par contre, une installation de courants de Foucault pour l'aluminium ne s'impose pas : le coût d'amortissement et de fonctionnement serait d'environ 130 kF par an et le nombre d'objets traités correspond au travail d'1/2 trieur, dont le coût est d'environ 70 kF par an. Même si on tient compte d'un coefficient de remplacement (pour congés, etc.) et de coûts d'encadrement, la solution manuelle apparaît moins coûteuse. Cependant, dans le cadre d'un centre traitant au moins 15 000 tonnes par an, la mise en place d'un tel dispositif peut se justifier.

HYPOTHÈSE 2 : tonnage entrant sensiblement plus faible

Une équipe de trieurs pourrait être suffisante, mais il en résulterait une sous-utilisation des équipements, un alourdissement des coûts d'encadrement et des coûts associés aux fonctions périphériques, des problèmes d'indivisibilité de moyens, humains et matériels, et dès lors un alourdissement des coûts à la tonne.

HYPOTHÈSE 3 : centre de tri mixte ordures ménagères + déchets industriels banals (DIB)

A l'inverse de l'hypothèse précédente, il en résulte des économies d'échelle (quant aux bâtiments, au pesage, au pressage, au personnel d'encadrement, etc.). Toutefois, un tri sur la même chaîne comporte diverses difficultés, en particulier des problèmes d'ergonomie pour les trieurs, en raison de la largeur du tapis. Dès lors, les économies d'échelle qui en résultent ne doivent pas être surestimées, et elles peuvent être anihilées par des coûts de transport supplémentaires, suivant la localisation du centre.

HYPOTHÈSE 4 : taux de refus beaucoup plus élevé ; par exemple 40 à 50 %, ce qui correspond hélas à d'assez nombreux cas concrets

Même si, par rapport à l'hypothèse 1, on augmente le tonnage entrant dans cette proportion, la cadence de tri sera plus faible (le tapis sera plus chargé), et il en résultera bien sûr un alourdissement du coût de traitement de ces refus. Il convient en réalité de considérer non seulement le coût à la tonne entrante, mais également à la tonne effectivement triée et valorisée.

HYPOTHÈSE 5 : rendement des trieurs plus faible, par exemple 1 500 voire 1 000 objets à l'heure (au lieu de 1 800), ce qui paraît plus proche des réalités observées

– Sur la base de 1 500 objets à l'heure par trieur, le besoin serait de 18 trieurs (au lieu de 15 précédemment) ; s'y ajoutent quelques autres surcoûts (d'encadrement, etc.).

Effectif total : 25 personnes. Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 3,13. Incidence financière : + 500 kF par an, soit un accroissement de 8 % du coût total.

– Sur la base de 1 000 objets à l'heure par trieur, le besoin serait de 27 trieurs, avec un encadrement renforcé, etc.

Effectif total : 35 personnes. Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 4,38. Incidence financière : + 2 000 kF par an, soit un accroissement de 33 % du coût total.

De plus, la chaîne de tri peut-elle accueillir ces trieurs supplémentaires ? L'hypothèse qui précède conduit à envisager de profonds changements dans l'organisation de la chaîne de tri.

L'alternative (de calcul) consiste à réduire le tonnage entrant, à effectif global constant, soit 22 personnes.

– Avec 1 500 objets à l'heure : réduction de 15 % du tonnage entrant, soit 6 800 tonnes/an au lieu de 8 000.

Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 3,24. Incidence financière : le coût total (6 035 kF/an) n'est plus rapporté qu'à 6 800 tonnes, soit un coût à la tonne entrante de 888 F (au lieu de 754 précédemment), donc une augmentation de 18 %.

– Avec 1 000 objets à l'heure : réduction de 44 % du tonnage entrant, soit 4 480 t/an au lieu de 8 000.

Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 4,91. Incidence financière : coût à la tonne entrante de 1 347 F, soit une augmentation de 44 %.

L'alternative consistant à réduire le tonnage entrant a des incidences plus marquées sur le coût de tri.

HYPOTHÈSE 6 : personnel en formation-insertion, travaillant sur chaîne à mi-temps

Un travail à mi-temps se traduit en principe par un doublement du nombre de trieurs et un coût en personnel moins élevé en raison des aides financières allouées. Cependant, il convient de tenir compte de cadences plus faibles qu'avec un personnel classique (d'un temps d'adaptation, etc.) et

d'un accroissement du besoin d'encadrement. Les cas des centres de tri Trisélec de Dunkerque et de Lille en fournissent une illustration ; par exemple, à Dunkerque : 60 personnes équivalent temps plein pour 18 000 tonnes entrantes.

Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 3,33.

HYPOTHÈSE 7 : autre type de flux entrant : corps creux hors verre et hors corps plats (et overband pour l'acier)

Le tonnage entrant, pour 100 000 habitants, n'est plus que de 1 000 t/an.

Rendement horaire du tri manuel : 1 500 objets. Nombre

Tableau 3 : Composition du flux

	PVC	PET	PEhd	Briks	Alu	Acier	Total
Kg/hab/an	3,7	1,7	1,0	0,4	0,2	3,0	10,0
% massique	37 %	17 %	10 %	4 %	2 %	3 %	100 %
Poids unitaire (g.)	45	45	70	25	15	80	-
Nombre d'unités par tonne de mix	8 222	3 778	1 429	1 600	1 333	3 750	20 112
						* hors acier : 16 362	
Correction : refus 10 %	7 400	3 400	1 286	1 440	1 200	3 375	18 101
						* hors acier : 14 726	

d'heures-trieur par tonne entrante : 10 (environ). Tonnage horaire par trieur : 0,1 tonne. Tonnage annuel par trieur, sur la base de 1 500 heures/an : 150 tonnes.

Pour trier 1 000 tonnes/an (et en intégrant un coefficient de remplacement du personnel), 2 équipes de 3 à 4 trieurs sont nécessaires, soit 7 trieurs.

Autres personnels : 5.

Total personnel : 12.

Ratio emploi pour 1 000 tonnes entrantes : 12.

Coûts (amortissement de l'investissement et fonctionnement) :

– personnel :	1 750 kF
– autres :	2 000 kF
– élimination des refus :	50 kF
Total :	3 810 kF/an

Coût à la tonne entrante : 3 810 frs.

Le coût, élevé, résulte du faible poids unitaire des objets.

Un taux de refus élevé alourdirait encore le coût, surtout si on le rapporte à la tonne triée.

HYPOTHÈSE 8 : corps creux hors verre, mais avec corps plats (y compris journaux-magazines), en bi-flux (et overband pour l'acier)

C'est par exemple le cas de Lons-le-Saulnier. Le tonnage traité est de 4,5 tonnes/heure, avec 16 trieurs (soit 281 kg par trieur et par heure) et un fonctionnement en 2 équipes, soit au total 32 trieurs. En outre, le taux de refus de tri est élevé.

EN CONCLUSION

L'analyse réalisée fait apparaître des coûts allant de 754 F à près de 4 000 F la tonne entrante (s'il s'agit de corps creux d'emballages hors verre), voire plus de 4 000 F si le taux de refus est important et si on rapporte le coût à la tonne triée.

On notera en outre que le ratio emploi pour 1 000 tonnes varie très fortement : de 2,75 à 12.

*** Gérard Bertolini**

Directeur de Recherche - Centre national de la recherche scientifique - Université de Lyon I - 43, boulevard du 11 novembre 1918 - Bâtiment 101 - 69622 Villeurbanne cedex

APPEL À COMMUNICATIONS

Stabilisation des déchets et environnement 13-16 avril 1999 - Lyon Villeurbanne

« Jusqu'où faut-il aller dans la stabilisation des déchets industriels et pour quels cahiers des charges techniques et environnementaux ? »

Thème I – Déchets stabilisés : rétention et émission des polluants

IA - Principes de stabilisation - Connaissance des mécanismes de piégeage des polluants - Apport de la minéralogie.

IB - Émission des polluants dans différents scénarios de stockage et d'utilisation. Prise en compte des caractéristiques hydrodynamiques et bio-physico-chimiques des dépôts et des ouvrages.

Thème II – Transfert et évolution dans l'environnement des polluants issus des déchets stabilisés

IIA - Mécanismes de migration - Hydrodynamique et géochimie des transferts et des interactions dans les milieux saturés et insaturés (sol, sous-sol, eaux de surface, nappes phréatiques).

IIIB - Rôle des facteurs microbiologiques : biodégradation, biotransformation, biosorption...

Thème III – Impact potentiel des déchets stabilisés sur la santé et l'environnement

IIIA - Devenir et impact des polluants sur les écosystèmes et les chaînes alimentaires

IIIB - Impact sur la santé et l'activité humaine (épidémiologie, médecine du travail...)

IIIC - Impact psycho-sociologique, déchets et société.

Thème IV – Approches intégrées – Application à l'alternative entre stockage et utilisation

IVA - Nouveaux concepts et outils d'évaluation : écocompatibilité, ACV (analyse des cycles de vie), analogues naturels...

IVB - Évolution de la réglementation

IVC - Validation d'opérations industrielles : étude de chantiers expérimentaux de stockage ou de valorisation de déchets

Un résumé d'une page au minimum en anglais et si possible en Français devra parvenir au secrétariat scientifique du congrès au plus tard le 30 juin 1998.

POLDEN - STAB ET ENV 99 - CEI - BP 2132 - 69603 Villeurbanne cedex
Tél. : 04 78 89 51 65 - Fax : 04 72 43 98 66 - e-mail : polden@insa-lyon.fr