



**HAL**  
open science

## Le tri des ordures ménagères dans les pays en développement

Gérard Bertolini, Bernard Fouilly, Bernard Morvan

► **To cite this version:**

Gérard Bertolini, Bernard Fouilly, Bernard Morvan. Le tri des ordures ménagères dans les pays en développement. Environnement, Ingénierie & Développement, 1999, N°14 - 2ème Trimestre 1999, pp.30-39. 10.4267/dechets-sciences-techniques.993 . hal-03181892

**HAL Id: hal-03181892**

**<https://hal.science/hal-03181892v1>**

Submitted on 26 Mar 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# LE TRI DES ORDURES MÉNAGÈRES DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

## ÉTUDE DE CAS AU BRÉSIL

Gérard Bertolini\*, Bernard Fouilly\*\* et Bernard Morvan\*\*\*

CNRS, Université de Lyon 1 - Ademe - Cemagref

**Les analyses de faisabilité et d'opportunité de la construction et du fonctionnement de centres de tri des ordures ménagères dans les pays en développement doivent éviter de transposer, de façon mimétique, les raisonnements appliqués dans les pays industrialisés de longue date.**

**Le Brésil fournit en fait un contexte intermédiaire de nouveau pays industriel (NPI). Huit exemples de centres de tri (tous sur ordures brutes) correspondant à des situations différentes, ayant des caractéristiques et des modes de fonctionnement contrastés, ont été retenus.**

**Des analyses complémentaires concernent les débouchés, et au-delà, les filières de valorisation des matériaux récupérés.**

**The feasibility and opportunity analysis to build and operate materials recovery facilities (MRFs) in developing countries has to avoid a mimetic concept on the basis of old industrialized countries.**

**Brazil corresponds in fact to an intermediate position of new industrialized country. Eight examples of MRFs or sorting centers of household refuse have been considered. They correspond to various contexts and have specific characteristics.**

**Complementary investigations concern the outlets of the recovery materials and the recycling facilities, the requirements, the processes and the markets.**

### POSITIONNEMENT DU PROBLÈME

Dans les pays industrialisés de longue date, les arguments majeurs en faveur du tri résident dans la force du *Nimby* (refus des populations riveraines d'accueillir de nouvelles installations de traitement) et dans les coûts évités (de plus en plus élevés) par rapport à l'élimination, dans le cadre d'installations modernes plus respectueuses de l'environnement. De plus, des mécanismes de financement spécifiques pour la valorisation des emballages ont été mis en place (Eco-Emballages et Adelphe en France, DSD en Allemagne, etc.). Dans les pays en développement :

- la collecte des ordures ménagères est souvent limitée aux seuls quartiers riches ou traditionnels des villes ;
- la part des emballages (fractions sèches) est plus faible en

raison à la fois de l'auto-production/autoconsommation, de la vente sans emballages ou dans des emballages rudimentaires (souvent constitués de matériaux organiques fermentescibles) et de la consommation « de rue » ;

- la part des matières organiques fermentescibles est élevée en raison de l'importance des marchés, de la consommation de fruits et légumes frais, de l'achat d'animaux vivants, etc. ;
- les produits sont acheminés en ville sans subir de stades poussés de préparation par les industries agroalimentaires ;
- le taux d'humidité est élevé, en raison à la fois de la composition des déchets, de données climatiques (dans certains cas, lorsqu'il pleut), et d'une présentation des déchets en tas ou dans des récipients sans couvercle ;

– il en résulte un faible pouvoir calorifique des ordures ménagères (700 à 1 400 Kcal/kg), insuffisant pour envisager une incinération auto-entretenu et plus encore une récupération d'énergie ;

– la récupération à la source, en porte-à-porte ou dans le cadre d'un *scavenging* (chiffonnage) de rue est importante. S'y ajoutent des récupérations lors de la collecte, ainsi que sur les sites de décharges. Il en résulte des « écrémages » successifs des fractions valorisables. Le secteur informel de la récupération constitue une réalité non négligeable (cf. figure 1) ;

- le coût de la main-d'œuvre est peu élevé ;
- la valeur de revente des matériaux récupérés est souvent élevée ;

– les normes sanitaires et environnementales sont très peu contraignantes ;

– s'y ajoutent une rareté du capital (taux d'intérêt élevés et équipements importés, manque de personnel qualifié) et des difficultés relatives à la maintenance des équipements. Sur le plan économique, les figures 2 et 3 qui suivent fournissent une illustration de la problématique de la récupération : d'une façon globale, lorsqu'on vise une récupération plus poussée d'un gisement, le coût de récupération est croissant, tandis que la valeur de revente des matériaux correspondants est décroissante ; il en découle un effet de ciseaux, jusqu'à un point-limite d'équilibre financier.

La figure 2 considère le *scavenging* de rue, ainsi que le *scavenging* sur décharge (successivement, « en série »).

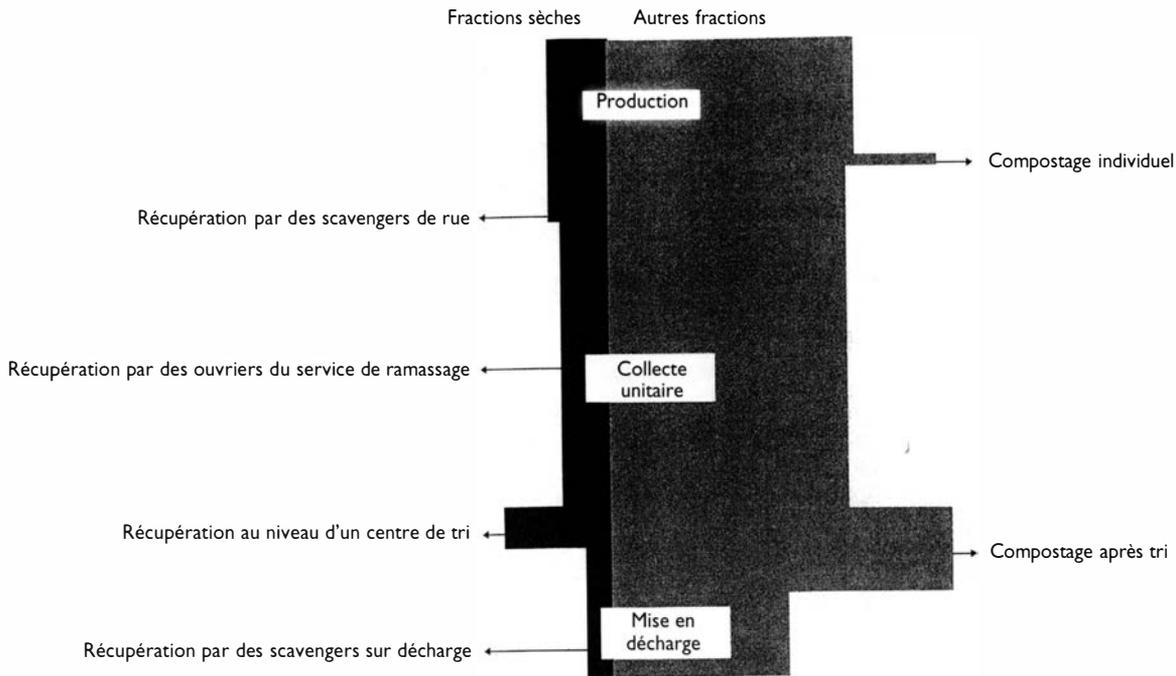


Figure 1 : Phénomènes « d'évasion » à divers stades

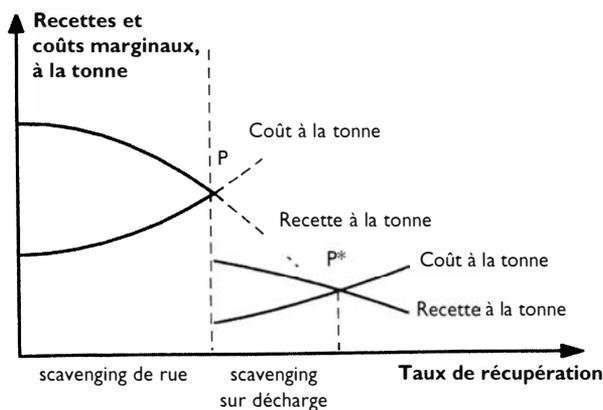


Figure 2 : Scavenging de rue et scavenging sur décharge (« en série »)

Au-delà du scavenging de rue, le scavenging sur décharge s'explique par les facteurs suivants :

- les déchets collectés ont été rassemblés en un même point ; ils présentent par contre l'inconvénient d'être mêlés, et les matériaux récupérables sont souillés par des matières adhérentes, ce qui réduit leur valeur ;

- la productivité du tri est très faible, et les conditions sont déplorables au plan sanitaire, mais cette pratique est surtout le fait de catégories défavorisées, en limite de subsistance, qui sont en même temps des « squatters » sur le site de décharge (s'y ajoute le travail des enfants, etc.).

D'une façon plus générale, l'existence de fortes disparités sociales (de « pentes sociales ») est favorable à la récupération.

Cependant, au niveau de la décharge, non seulement la productivité du tri est faible, mais les prix de revente sont sou-

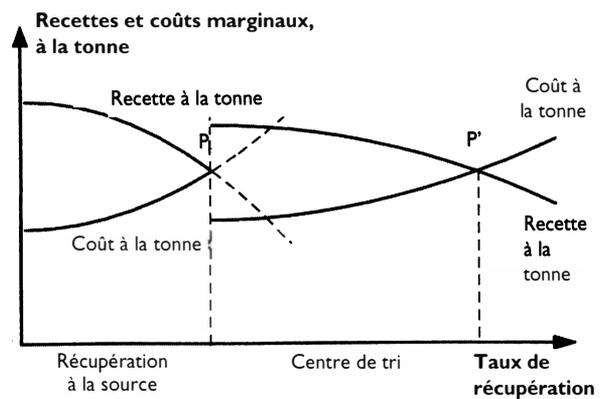


Figure 3 : Fonctionnement « en série » du scavenging de rue (à la source) et d'un centre de tri

vent modestes, en raison d'une très faible capacité de négociation : faibles tonnages, vendus au jour le jour à l'intermédiaire le plus proche (il existe une « cascade » d'intermédiaires successifs).

Dès lors, le coût de la tonne est faible, mais la recette à la tonne récupérée est également faible.

Dans nombre de cas, il n'y a pas en réalité libre accès au gisement ; la récupération est contrôlée par des « gangs » (par des intermédiaires des filières de récupération-recyclage ou par des services chargés de la collecte et du traitement). Le secteur dit « informel » de la récupération masque diverses formes d'organisation. Certaines municipalités ont entrepris d'aider les petits ramasseurs à se structurer, par exemple en constituant des coopératives, d'autres continuent à les pourchasser.

La figure 3 introduit l'hypothèse d'un centre de tri de frac-

tions sèches ou de tri-compostage.

La promotion de centres de tri associés à une collecte unitaire des ordures ménagères, donc de centres de tri sur ordures brutes, introduit un autre mode de fonctionnement :

- dans la mesure où les ordures ménagères sont collectées, donc rassemblées, la productivité horaire peut être supérieure à celle d'un *scavenging* en amont ;
- l'organisation du tri, sur tapis, accroît en outre la productivité ;
- d'autre part, en ce qui concerne la valeur des matériaux récupérés, des prix de vente plus élevés peuvent résulter d'une plus forte capacité de négociation, surtout s'il s'agit de centres de tri de grand format disposant de moyens de préparation et de conditionnement ; cependant, le fait que ces matériaux aient été mêlés au reste des ordures ménagères accroît leur degré de souillure.

Le cas échéant, le nouveau centre de tri peut embaucher des « scavengers » qui opéraient sur la décharge. Toutefois, leurs conditions de travail et de vie s'en trouvent alors bouleversées, avec des aspects positifs mais aussi négatifs, et des difficultés d'adaptation. Surtout, la productivité du tri en centre est très supérieure à celle du *scavenging* sur décharge ; cela signifie que le nombre de postes susceptibles d'être offerts sera généralement beaucoup plus limité que le nombre de « scavengers » opérant antérieurement sur la décharge. Les réalités de fonctionnement des centres de tri dans les PED sont en fait très diverses : tri manuel, à même le sol, en constituant des andains d'ordures ménagères, ou bien tri sur tapis, ce qui améliore fortement la productivité et les conditions de travail ; tri sur ordures brutes ou tri de fractions sèches collectées sélectivement (mais ce dernier cas est assez rare dans les PED) ; tri sommaire avant compostage ou tri poussé, sur tapis, complété le cas échéant par des sur-tris sur tables.

### Centres de tri dans les pays en développement : logiques et critères de choix

#### Justifications et critères de choix

- création d'emplois, création de richesses ;
- financier : la mise en place d'un centre de tri permet-elle de réduire les coûts de gestion des ordures ménagères ?
- aspects sanitaires et éthiques : suppression du « scavenging » sur décharge ;
- protection de l'environnement ;
- politiques.

#### Principes d'organisation

- tri manuel ou tri mécanisé ?
- tri de fractions sèches ou tri-compostage ?
- écrémage ou tri exhaustif ?

## ÉTUDE DE CAS AU BRÉSIL

Tous les tris analysés ci-après, au Brésil, sont effectués sur ordures brutes.

Les fractions récupérées sont les papiers-cartons non souillés, les bouteilles plastiques selon les résines (essentiellement le PET et le PEhd), dans certains cas les sacs plastiques et autres films. S'y ajoutent les métaux, constitués en grande partie de boîtes métalliques.

### Un exemple de tri complètement manuel : Arraial do Cabo, station balnéaire située à 150 km à l'est de Rio de Janeiro

#### Des conditions de terrain pénibles (photographie 1)



Photographie 1 : Tri à même le sol

#### Une faible productivité

Les ordures ménagères sont déversées sur une aire couverte de 15 m x 5 m. Avec des crocs et des fourches, quatre personnes étalent deux tas de 150 kg. Ensuite, une équipe de huit personnes trie à même le sol dans des paniers. L'opération de tri dure de 10 à 15 minutes. Les fractions récupérées sont les bouteilles plastiques et les papiers-cartons qui sont mis en balles à l'aide d'une presse manuelle du fait du manque d'électricité. S'y ajoutent les bouteilles entières en verre et les métaux.

#### Une faible rentabilité

Le taux de récupération est élevé, mais les recettes ne couvrent pas le coût de la main-d'œuvre.

### Un centre de tri aux performances moyennes : Nova Friburgo, ville de 166 000 habitants à 100 km au nord-est de Rio

#### Une construction récente (photographie 2)

Les infrastructures sont prévues pour faciliter l'exploitation et le nettoyage du centre.

#### Une productivité moyenne

La qualité du tri dépend directement du débit de l'installation. Il est surprenant de constater que les performances de tri sont moyennes pour un centre qui traite 22 t/j, alors qu'il est prévu pour traiter 50 t/j. On peut s'interroger également sur l'utilité du broyeur avant la mise en décharge des refus et sur la présence de « scavengers » sur la décharge.



Photographie 2 : Vue extérieure du centre de tri

**Une bonne valorisation des fractions sèches auprès d'utilisateurs locaux**

Une tonne d'ordures ménagères induit ici une recette, hors compost, de 3,5 \$.

**Un centre de tri à forte rentabilité : Adamantina, ville de 55 000 habitants, située à 500 km à l'ouest de Sao Paulo**

**Une productivité moyenne**

Les performances de tri de cette installation classique ne sont pas significativement supérieures à celles des autres centres de tri mécanisés.

**Par contre, une forte rentabilité**

Les recettes couvrent 88 % des dépenses. Le conditionnement et le stockage sous abri de grandes quantités permettent une meilleure valorisation des matériaux, avec une recette de 4,50 \$ à la tonne d'ordures ménagères hors compost, de 4,90 \$ avec la vente de compost.

On peut souligner le faible coût du personnel (à 155 \$ par mois) dû à l'éloignement des grandes villes.

**Un centre de tri qui effectue un tri poussé : Assis, ville de 100 000 habitants, située à 400 km à l'ouest de Sao Paulo, dans un secteur agricole**



Photographie 3 : Vue d'ensemble du centre d'Assis

**Un taux de récupération élevé (cf. photographie 3)**

L'usine est conçue et organisée pour une récupération maximale de fractions sèches et de compost : seulement 18 % des déchets entrants sont à mettre en décharge.

**Une rentabilité moyenne**

Les recettes s'élèvent à 3,60 \$ par tonne entrante hors compost, 4,40 \$ avec compost. Elles sont insuffisantes pour couvrir les frais de personnel supplémentaire.

**Un exemple d'écrémage de matériaux récupérables dans un centre de tri de 50 tonnes par jour : Belo Horizonte, ville de 2 500 000 habitants, située à 500 km au nord de Rio**

**Un faible taux de récupération : 2,8 % du tonnage entrant**

Les matériaux ciblés sont les bouteilles de verre, les métaux, quelques cartons et matières plastiques rigides. Les bouteilles entières en verre sont valorisées localement après un sur-tri poussé, par couleur et par forme (cf. photographie 4).

**Une production de compost de qualité après fermentation en cylindre « Dano »**

Le compostage de produits très humides ne pose pas de problèmes insurmontables.

**Une rentabilité moyenne en fin de compte**

Les recettes s'élèvent à 0,80 \$ seulement par tonne entrante. Elles sont faibles, mais les dépenses également.



Photographie 4 : Stockage de bouteilles de verre à Belo Horizonte

**Dans le centre de tri de Vitoria, à 500 km au nord-est de Rio, 260 personnes ont été vues hors des bureaux**

**Une main d'œuvre surnuméraire**

Le centre est conçu pour traiter 165 t/jour, sur deux chaînes parallèles, avec deux équipes le matin et deux le soir. Beaucoup de main-d'œuvre pour effectuer, d'abord, un tri poussé sur des tapis de 20 mètres de longueur comme à Assis, ensuite effectuer un sur-tri des matières plastiques par résine, des métaux, des cartons, etc.

**Le meilleur prix de vente des fractions sèches**

Après les sur-tris, il se dégage un gain de 4,50 \$ à partir d'une tonne d'ordures ménagères.

**RÉSULTATS COMPARÉS**

**Capacités des installations**

Les centres de tri expertisés sont de tailles très variables : le plus petit centre, Arraial Do Cabo, traite 12 t/j et le plus grand, Santo Andre, traite 300 t/j (cf. figure 4). Des chaînes de tri de toutes dimensions : une longueur de tapis de 6 mètres pour un écrémage, de 20 mètres pour un

tri poussé avec 40 trieurs (cf. figure 5).

Le taux de récupération des fractions sèches : il varie de 1,9 % à Santo Andre à 28,8 % à Assis (cf. figure 6).

La productivité physique du tri : elle varie de 40 à 280 kg par jour, de fractions sèches récupérées par personne affectée au tri (cf. figure 7).

La rentabilité des centres de tri brésiliens est négative : le taux de couverture hors compost (dépenses/recettes hors compost) est inférieur à 100 % pour tous les centres, même si on exclut l'amortissement de l'investissement. Cependant, suivant les centres, on constate des différences importantes, comme le montre la figure 8.

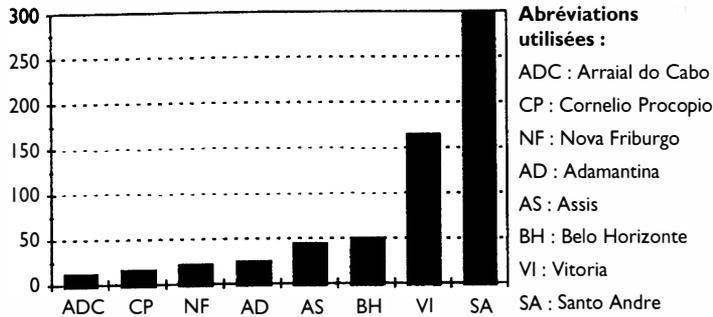


Figure 4 : Les centres de tri expertisés, leurs capacités

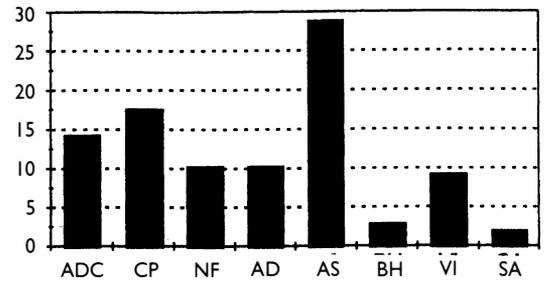


Figure 6 : Taux de récupération des fractions sèches

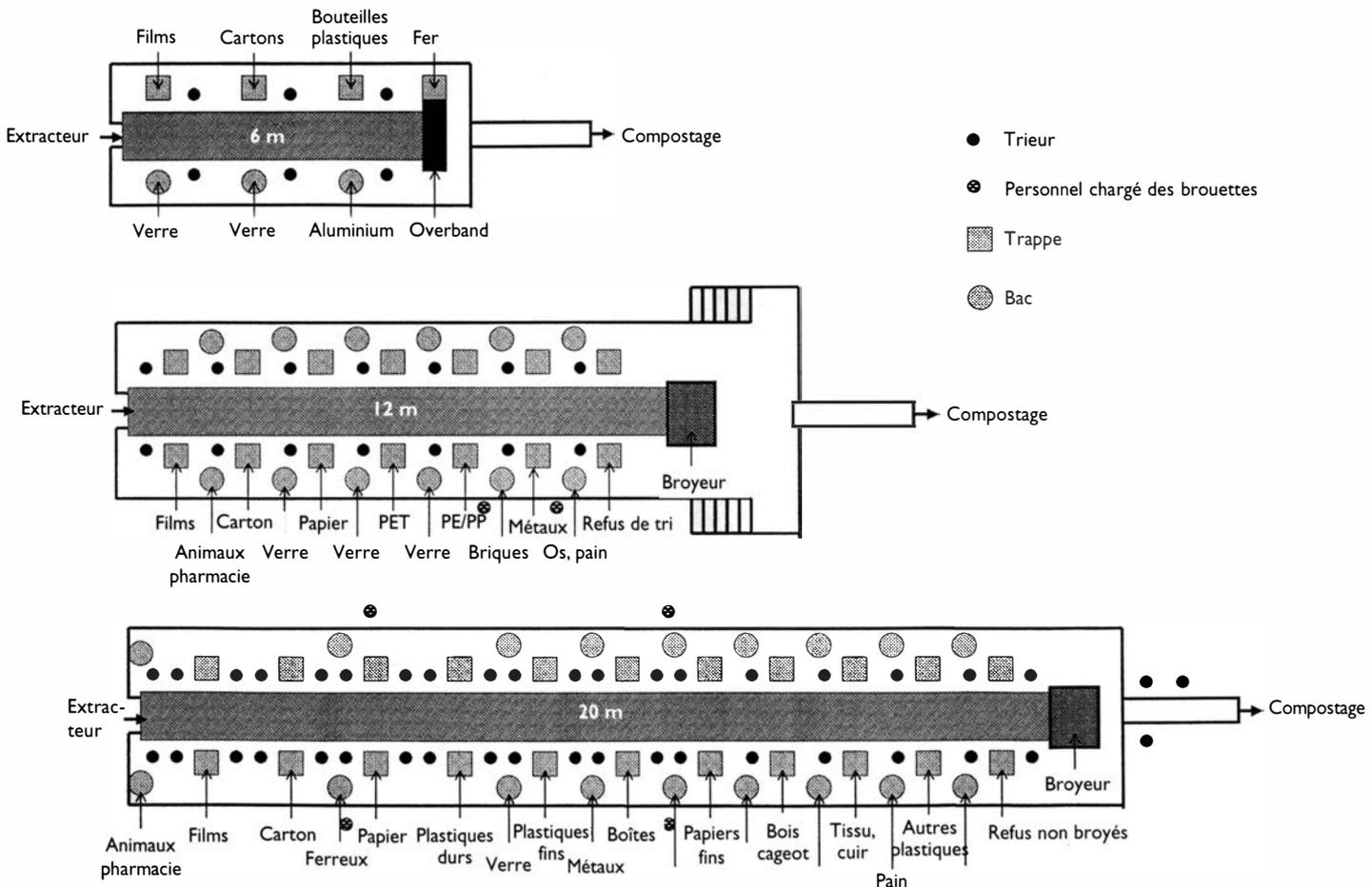


Figure 5 : Trois exemples de chaînes de tri

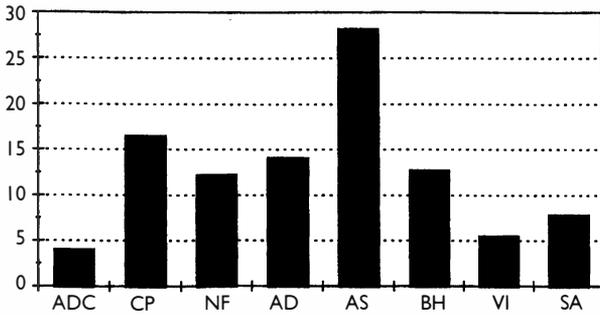


Figure 7 : Fractions sèches récupérées par personne affectée au tri (en kg/j et par personne)

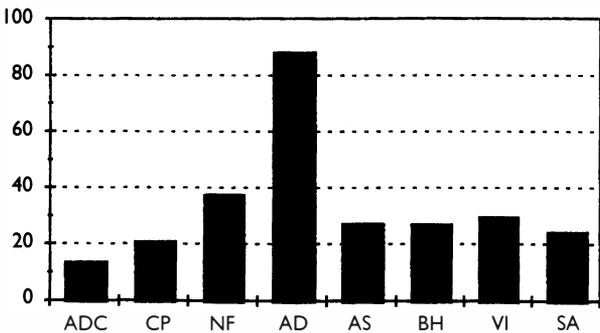


Figure 8 : Taux de couverture des dépenses hors compost (en %)

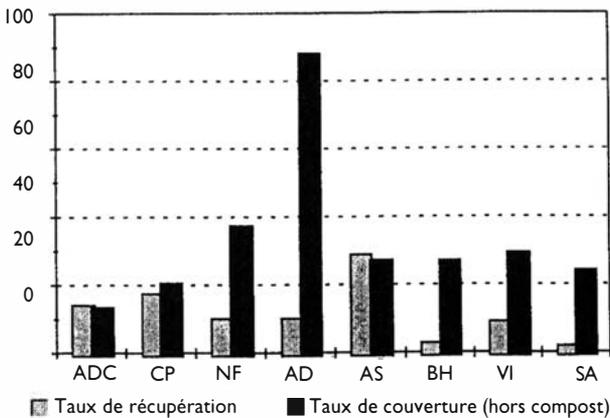


Figure 9 : Taux de récupération et taux de couverture

Avec un taux de récupération de 10,2 %, le centre d'Adamantina est de loin le plus rentable comme le montre la figure 9. Au-delà du tri de base, d'autres centres effectuent un sur-tri poussé ; c'est le cas de Vitória, où on distingue 15 qualités de matières plastiques et 4 qualités de papiers-cartons, et où on réalise un tri du verre cassé par couleurs ; le sur-tri occupe 30 personnes et représente 11 % des coûts de tri.

### LES DÉBOUCHÉS DES MATÉRIAUX RÉCUPÉRÉS, LE RECYCLAGE

La partie Sud du Brésil est la plus industrialisée et les prin-

cipales usines de recyclage sont situées près des grands centres industriels : Sao Paulo, Rio de Janeiro, et Porto Alegre.

A défaut, peut-on promouvoir des débouchés locaux ? A Cornelio Procopio, une association, ainsi qu'un fonds d'aide aux futurs investissements ont été créés. Le fonds est alimenté par des cotisations volontaires d'industriels (50 \$/mois), en vue de développer des débouchés locaux.

#### Le verre

Réutilisation : dans l'ensemble, la réutilisation à un niveau local des bouteilles de verre est assez développée.

Recyclage : faute de verrerie à proximité, les centres de tri vendent généralement le verre cassé à des intermédiaires. Ainsi, le centre de tri d'Adamantina vend son verre cassé à un intermédiaire, qui le revend à la verrerie de Santa Marina située à 600 km.

#### Les métaux

A Vitória, le fer récupéré est utilisé par les hauts-fourneaux qui incorporent 10 % de ferrailles, et par des aciéries électriques qui travaillent à 100 % avec des ferrailles.

En ce qui concerne l'aluminium, les centres de tri analysés ne sont pas situés à proximité de petites affineries utilisatrices. Les unités de recyclage, notamment de grand format, sont concentrées dans les grands centres industriels.

#### Le papier/carton

Certains centres de tri sont assez proches de grosses usines de fabrication. Ainsi, le centre de Belo Horizonte vend ses balles de papiers-cartons à des intermédiaires. Ces mêmes intermédiaires les revendent à l'usine de San Roberto Laercio à San Luzia (à 30 km de Belo Horizonte), qui produit à partir de vieux-papiers 3 000 tonnes de papier d'emballage ainsi que de la cannelure et des couvertures pour caisses-cartons (valeur : 300 \$/tonne).

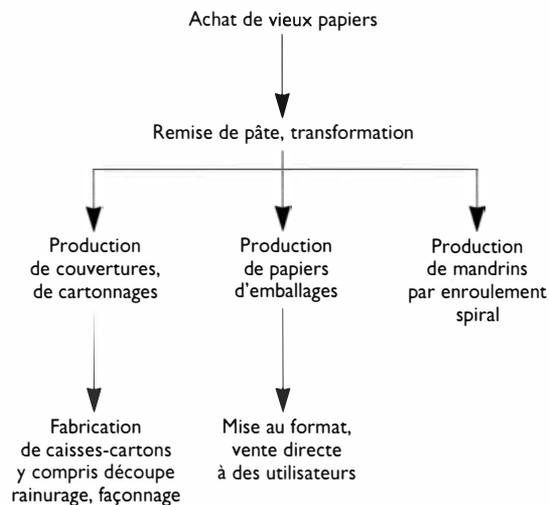


Figure 10 : Intégration aval, cas des papiers-cartons (exemple : Ipessa à Vitória, Brésil)

Dans d'autres cas, la taille des usines utilisatrices présentes localement est plus modeste : ainsi, à Vitoria, les papiers-cartons récupérés sont vendus à des intermédiaires ou à un utilisateur : Ipessa, qui traite 500 tonnes de vieux papiers par mois (dont 8 % achetés au centre de tri). La figure 10 montre l'exemple d'Ipessa.

L'utilisation de vieux papiers permet, par rapport à l'utilisation de matières premières vierges, de réduire l'investissement et la taille minimale (seuil de capacité) nécessaire pour une installation économiquement viable.

De plus, face à la concurrence de papeteries-cartonneries de grand format, plus spécialisées et enregistrant des économies d'échelle, une intégration-aval poussée permet de cumuler les marges et une diversification permet de répondre aux demandes locales (cf. figure 11) ; s'y ajoutent des économies de transport, ainsi qu'une plus grande souplesse d'adaptation à l'évolution de la demande.

Prix d'achat des vieux papiers au centre de tri

- cartons 35 \$/kg
  - papiers 18 \$/kg
- Ensemble : 30 \$/t (moyenne)

Valeurs des produits fabriqués

- papiers d'emballages 300 \$/t
- composants pour cartonnages 300 \$/t
- caisses-cartons (prêtes à l'emploi) 600 \$/t

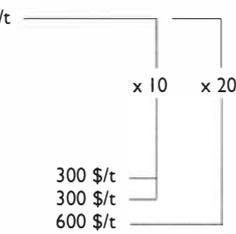


Figure 11 : Les valeurs ajoutées par les transformations (exemple : Ipessa à Vitoria)

### Les matières plastiques

Des débouchés locaux ont été identifiés : parmi les produits finis, on peut souligner l'intérêt d'articles tels que les sacs-poubelles ou les tuyaux d'arrosage, parce que les exigences qualitatives sont modérées, qu'ils correspondent à des marchés locaux et que la valeur ajoutée est importante (surtout pour des produits minces tels que les sacs).

Le centre de tri d'Adamantina vend ses films à un petit fabricant de sacs poubelles de 100 litres en régénéré (cf. figure 12). Celui-ci traite 12 t/mois de films PE, dont 1/3 achetés au centre de tri et le reste à des commerces et des industries. Le déchet « sale » (du centre de tri) nécessite souvent, outre un mélange avec du déchet plus propre et un lavage, deux passages successifs en granulation. Les équipements sont rustiques et vétustes.

La valeur ajoutée :

- prix d'achat des déchets

(PE mince, souillé) :

9 \$/t

- valeur du produit fabriqué

(sac poubelle de 100 litres) :

450 \$/t

x 50

- A Vitoria, un vendeur de batteries fabrique par extrusion-soufflage des bouteilles de couleur grise pour l'eau distillée et pour l'acide de batteries, ainsi que pour l'eau de Javel ; il procède en outre aux opérations de remplissage, bouchage, étiquetage et mise en cartons, soit une forme pous-

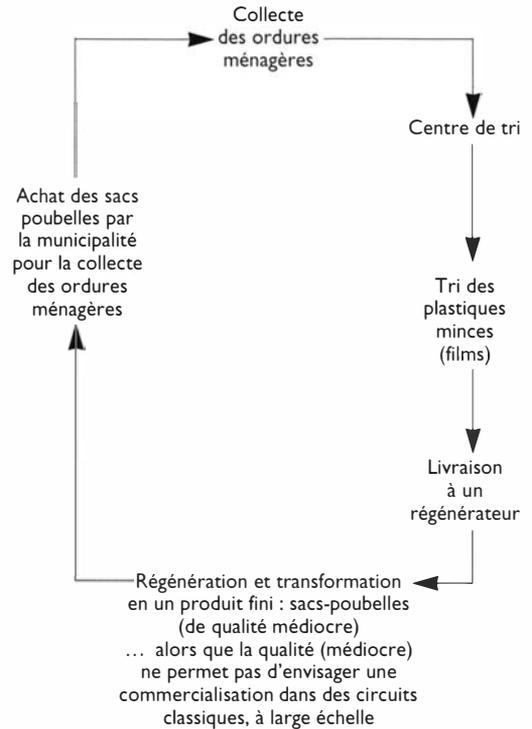


Figure 12 : Circuit de valorisation, bouclé localement (exemple : Adamantina au Brésil, fabrication de sacs-poubelles)

sée d'intégration aval. Les déchets sont achetés au centre de tri, ainsi qu'à des « catadores » et à des intermédiaires. Le prix d'achat est de l'ordre de 0,07 \$/kg, la valeur des bouteilles fabriquées est de 1 à 1,50 \$/kg. Le tonnage produit est d'environ 15 tonnes par mois, exclusivement à partir de déchets. L'équipement est vétuste et les opérations de finition sont manuelles. Le même opérateur dispose de deux autres ateliers.

Il existe aussi un atelier local de régénération qui opère un tri des matières plastiques et, de façon très rustique, le déchiquetage, le lavage, le séchage, le mélange de souple et de rigide, et la granulation.

- Le centre de tri de Nova Friburgo vend ses films et ses bouteilles en PE à un régénérateur qui fabrique un agglutiné pour une autre entreprise. Les opérations successives sont les suivantes : préparation (tri), déchiquetage-broyage, lavage (l'eau n'est pas recyclée ; vidange), égouttage, essorage (centrifuge), mélanges (90 % de PE souple et 10 % de PE rigide), adjonction de coloration, malaxage à chaud. La fusion partielle permet de produire un « agglutiné » (matière densifiée par fusion partielle) vendu à une autre fabrique locale. Les méthodes de lavage sont rustiques et le matériel est très vétuste. S'y ajoute une puissance électrique installée insuffisante. Les deux granulateurs (qui permettraient de transformer l'agglutiné en granulé) ne fonctionnent pas. Son client est beaucoup mieux équipé ; il achète de l'agglutiné et réalise lui-même les opérations précédentes, mais il achète surtout des déchets propres (housses de distribution,

etc.). Il utilise 80 % de PE souple et 20 % de PE rigide. Il opère également la granulation (granulateur à joncs) et l'extrusion pour produire des tuyaux d'arrosage noirs (valeur : environ 2 \$ le kg). Il dispose également d'une machine d'injection pour fabriquer des embouts et des raccords de tuyaux, à plus forte valeur ajoutée (8 \$ le kg). Avec des résines vierges, il produit en outre du tube électrique souple (annelé). Au total, il met en œuvre 40 tonnes/mois de matières plastiques (dont plus de 8 tonnes de vierge).

En ce qui concerne le PVC, il existe localement un régénérateur, mais il n'achète pas au centre de tri. Il travaille un mélange de 50 % de résine vierge et de 50 % de régénéré, à partir de déchets relativement propres : tubes et profilés (gris, et comportant une proportion élevée de charges minérales) provenant de démolitions de bâtiments, de purges d'autres fabriques, etc. (y compris le cas échéant du PVC bouteilles, mais beaucoup plus propre que celui proposé par le centre de tri). Il effectue les opérations suivantes : tri (préparation), broyage, lavage, essorage (centrifuge), séchage plus complet, coloration, mélange, extrusion pour produire du tube électrique de couleur grise (valeur : 1,50 \$/kg). Sa production représente 30 tonnes/mois (dont la moitié à partir de régénéré).

Par ailleurs, des tubes et coudes sont produits à Sao Paulo en incorporant du PVC-bouteilles.

– Belo Horizonte : la société Bemplast à Betim produit environ 60 tonnes/mois de tuyaux d'arrosage (13 sections différentes) à partir d'un mélange de 80 % de films PEbd et de 20 % de matières plastiques rigides PEhd provenant, outre du centre de tri, de commerces et d'industries et de ramasseurs (jusqu'à Rio de Janeiro). S'y ajoutent des résines vierges. Les opérations effectuées sont les suivantes (cf. figure 13) : tri, déchetage-broyage (sous eau), lavage sous pression,

déchetage centrifuge, nouveau déchetage, adjonction de colorants, extrusion, enroulage (4 lignes). La société produit également des raccords (par injection). La valeur moyenne des déchets achetés est de 0,05 \$/kg et la valeur du tube d'arrosage est de 2 \$/kg.

A Contagem, deux autres usines font du tube d'arrosage. A Contagem toujours, Plasticos Alvorada produit des sacs poubelles, et d'autres sacs et produits minces en polyéthylène. Voici une dizaine d'années, l'entreprise achetait du déchet d'usage, qui faisait l'objet d'un lavage ; mais elle n'achète aujourd'hui que du déchet d'industrie, et surtout des résines vierges. La production totale est de 200 tonnes/mois, dont 10 à 20 % de régénéré (agglutination, granulation, puis extrusion-soufflage). L'utilisation de régénérés présente l'inconvénient de réduire les cadences de fabrication.

Les valeurs ajoutées par les transformations (exemples relatifs au polyéthylène) :

- prix d'achat des déchets (PE souple + rigide, au centre de tri et auprès d'autres fournisseurs) : env. 40 \$/t
  - valeur des tuyaux fabriqués : 2 000 \$/t
  - valeur des embouts et raccords : 8 000 \$/t
- ] x 50  
] x 200

### Le compost

Le compost produit par les centres brésiliens est de bonne qualité et il est principalement utilisé pour le maraîchage, la grande culture, et dans une moindre mesure pour la viticulture.

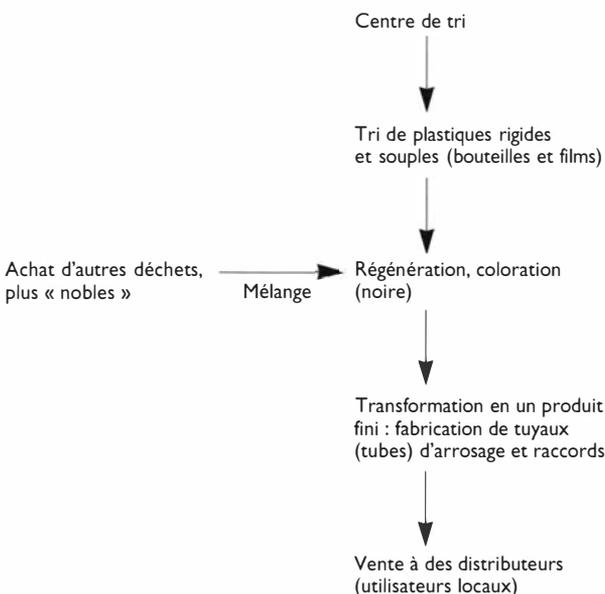
En général, le compost est vendu directement aux utilisateurs : le centre d'Adamantina, par exemple, vend son compost à des agriculteurs locaux par lots de 10 tonnes à 2,30 \$ la tonne. Dans certains cas, le compost est vendu beaucoup plus cher, comme à Assis où il est vendu 10 \$ la tonne ; ou au contraire beaucoup moins cher, comme à Santo Andre où il est vendu 0,10 \$ la tonne pour la qualité la plus basse. L'aspect du compost produit à Assis est exceptionnel, les verres et matières plastiques sont retirés manuellement avant fermentation (cf. photographie 5).



**Photographie 5 : Compostage en tas suivi d'un criblage fin à Assis**

Certains centres de tri ont des difficultés à vendre leur compost :

- Santo Andre, par exemple, est mal placé pour les expé-



**Figure 13 : Autre exemple de valorisation pour les débouchés locaux – tuyaux d'arrosage (cas repérés : multiples)**

ditions de compost puisqu'il faut contourner l'agglomération de Sao Paulo et parcourir 90 km ; de plus, le marché est saisonnier. Le compost est en fait vendu à des intermédiaires ; – certains centres ne trouvent pas de clients pour leur compost et le donnent à des utilisateurs locaux : à Cornelio Procopio par exemple, le compost est donné à des utilisateurs ; son utilisation en maraîchage est déconseillée du fait de la présence de métaux lourds et de verre. De même, à Arraial Do Cabo, le compost est offert aux utilisateurs.

### EN CONCLUSION

Les cas analysés, au Brésil, tendent à montrer qu'un tri complètement manuel ne fournit pas de bons résultats : très mauvaises conditions de travail, faible productivité et coût élevé. D'autre part, un tri aussi poussé que possible maximise l'emploi et minimise (en principe) la mise en décharge ; mais la productivité par employé est faible, le coût est élevé et les débouchés relatifs à certaines fractions (notamment les plastiques minces) sont mal assurés. Un optimum économique nécessite d'adopter une optique de gestionnaire, sur la base d'une comptabilité analytique, de tenir compte de la réalité des débouchés et de négocier au mieux les prix de vente.

En ce qui concerne les débouchés, il convient de tenir compte des réalités du tissu industriel local, notamment pour les matières plastiques, dont les quantités sont relativement modestes et qui posent des problèmes de qualité. A ce sujet, l'analyse a montré l'intérêt d'une intégration-aval (plus forte valeur ajoutée, cumul des marges) par la fabrication de produits correspondant à des débouchés locaux, que l'on peut en outre s'efforcer de promouvoir.

#### \* Gérard Bertolini,

Économiste, directeur de recherche au CNRS - URA 934 - Université de Lyon I - Bâtiment I - 43, boulevard du 11 novembre 1918 - 69622 Villeurbanne cedex

#### \*\* Bernard Fouly,

Responsable des programmes Déchets, direction de l'action internationale de l'Ademe - 27, rue Louis Vicat - 75015 Paris

#### \*\*\* Bernard Morvan,

Ingénieur de recherche au Cemagref - 17, avenue de Cucillé - 35044 Rennes cedex

*Rapprocher déchet et design peut paraître singulier. Pourtant, le déchet intervient comme mécanisme de rappel ; au-delà, il interpelle les designers, et plus largement les créateurs. De plus en plus, ils devront avoir une démarche prospective, anticipatrice, préventive, remettre en cause la conception des produits pour mieux tenir compte de l'après-usage et des préoccupations environnementales, qui constituent des valeurs d'avenir.*

*Et puis, une fois n'est pas assez. Réemploi, réutilisation, recyclage, boucles et cascades, les produits doivent devenir des re-produits, les créateurs des re-créateurs.*

*Enfin, le produit doit être efficace dans sa mission, ainsi que dans sa démission. Pour les déchets ultimes (à réduire autant que possible), leur concours peut là encore être précieux. Pour libérer l'avenir, le design doit investir le champ du déchet nous dit Gérard Bertolini, économiste, directeur de recherche au CNRS et spéculateur sur l'avenir des déchets.*



Format 15,5\*24 - 204 pages - 179 F TTC franco de port  
(169,67 F HT - TVA 5,5 % : 9,33 F)

Société Alpine de Publications  
7, chemin de Gordes - 38100 Grenoble  
Tél. : 04 76 43 28 64 - Fax : 04 76 56 94 09 - E.et.T@wanadoo.fr