



**HAL**  
open science

## Récupération des rejets solides

Guy Berman

► **To cite this version:**

| Guy Berman. Récupération des rejets solides. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1973. hal-01917146

**HAL Id: hal-01917146**

**<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01917146>**

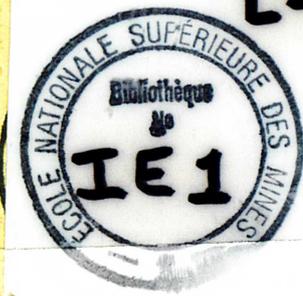
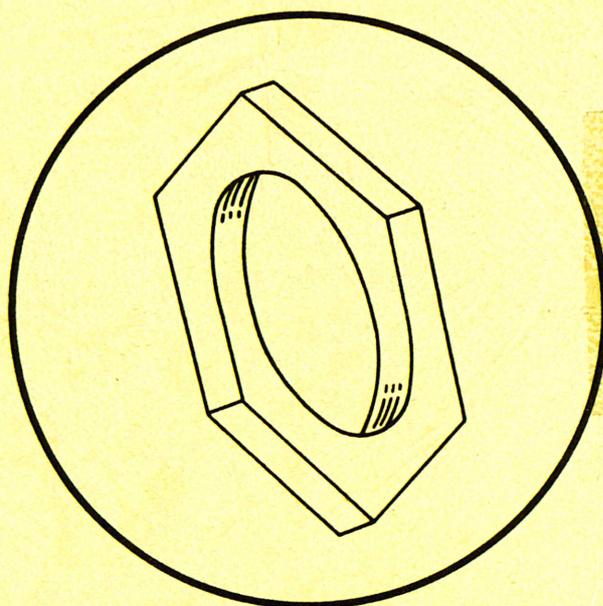
Submitted on 9 Nov 2018

**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.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE PARIS

DOSSIER LONG DE TROISIÈME ANNÉE



## RÉCUPÉRATION DES REJETS SOLIDES

par

Guy BERMAN

~~Consultation  
sur place~~

Directeurs de dossiers

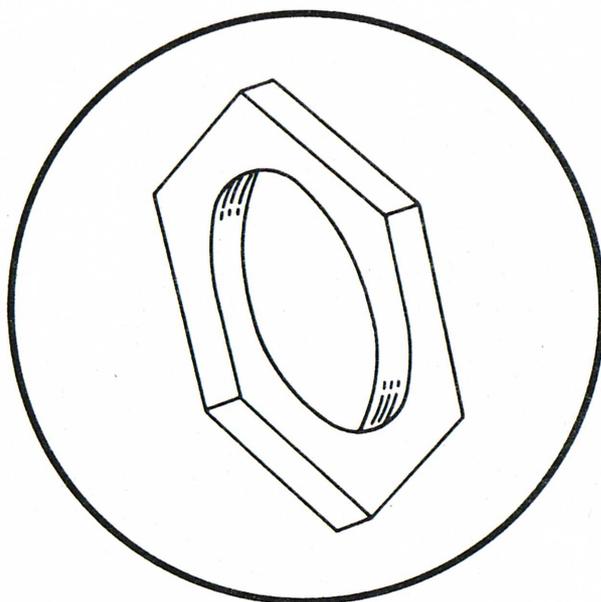
M.M. AFFHOLDER	MPNE
HUGON	MDIS
MARTIN	MDIS

Octobre 1972 – Juin 1973

Imprimé par le B. R. G. M.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE PARIS

DOSSIER LONG DE TROISIÈME ANNÉE



## RÉCUPÉRATION DES REJETS SOLIDES

par

Guy BERMAN

# Consultation sur place

Directeurs de dossiers

M.M. AFFHOLDER	MPNE
HUGON	MDIS
MARTIN	MDIS

Octobre 1972 – Juin 1973

Imprimé par le B. R. G. M.



T A B L E   D E S   M A T I E R E S

	Pages
Pour lire ce dossier.....	I
Table des matières .....	II
RESUME .....	V
CONDENSE .....	VI
REMERCIEMENTS .....	IX
AVERTISSEMENT .....	X
<i>PREMIERE PARTIE : Phénoménologie du recyclage</i> .....	1
1 - ORIGINE ET AMPLEUR DU PROBLEME DE LA CROISSANCE .....	1
2 - LES CAUSES DE LA DEMANDE .....	2
3 - PLUSIEURS REPONSES SONT POSSIBLES .....	2
3.1 - L'augmentation des ressources minérales classiques..	2
3.2 - La substitution .....	3
3.3 - L'allongement de la durée de vie .....	3
3.4 - La récupération .....	3
4 - QUELQUES DEFINITIONS .....	3
4.1 - Le recyclage .....	3
4.2 - La réutilisation .....	4
4.3 - Le réemploi .....	4
4.4 - La réparation .....	4
4.5 - La récupération .....	4
4.6 - Les rejets .....	4
4.7 - Les déchets .....	4
4.8 - Les objets devenus inutiles .....	4
5 - RECYCLAGE, TAUX DE CROISSANCE ET DUREE DE VIE NE SONT PAS INDEPENDANTS .....	5
5.1 - Les différentes méthodes .....	5
5.2 - Un exemple : 1ère phase .....	5
5.3 -                   2ème phase .....	6
5.4 -                   Conclusion .....	8
5.5 - Ces phénomènes sont généraux .....	9
5.6 - Il faut choisir .....	9

6 - LA RECUPERATION PROFITE DE PLUS A L'ENVIRONNEMENT .....	9
6.1 - Défauts des décharges .....	9
6.2 - Intérêt de la récupération .....	9
7 - LES CRITERES DE PRIX .....	10
7.1 - Un prix de marché .....	10
7.2 - Le prix dépend du décideur .....	10
7.3 - Le prix ne reflète pas la rareté .....	11
7.4 - Le prix ne reflète pas l'influence sur l'environnement .....	11
7.5 - Le prix ne reflète pas la facilité de travail .....	12
7.6 - Le long terme .....	12
7.7 - L'actualisation convient mal au long terme .....	12
7.8 - Le prix ne reflète pas le désir d'indépendance nationale .....	13
8 - LES CHOIX NE DOIVENT PAS RESTER FONDES SUR DES CRITERES MONETAIRES .....	13
<i>DEUXIEME PARTIE - Situation actuelle de la récupération .....</i>	15
Chapitre I - L'offre de rejets .....	16
1.1 - Les différentes sortes d'offre .....	16
1.2 - L'imprécision des statistiques .....	16
1.3 - L'utilité d'une telle approche .....	16
1.4 - L'offre primaire .....	16
1.5 - L'offre secondaire .....	18
1.6 - Conclusion .....	24
Chapitre II - La demande de rejets à recycler .....	25
2.1 - L'importance de la demande .....	25
2.2 - La précision des renseignements .....	25
2.3 - La prévision .....	25
2.4 - La demande en ferrailles .....	25
2.5 - La demande de vieux papiers .....	28
2.6 - La demande en métaux non-ferreux .....	30
2.7 - Conclusion .....	32
Chapitre III - Les circuits de mise en relation de l'offre et de la demande .....	33
3.1 - Sujet du chapitre .....	33
3.2 - Le volume actuellement recyclé .....	33
3.3 - Structure des circuits de récupération .....	43
3.4 - Comportement et mentalité des opérateurs .....	54
3.5 - Le mécanisme de formation des prix de vente, et ses effets .....	57
3.6 - Le mécanisme de formation des prix d'achat .....	62
3.7 - Conclusion .....	66

TRISIEME PARTIE : Quelques mesures possibles pour développer la récupération .....	67
1 - FAIRE DES ENQUETES .....	67
2 - AGIR SUR L'OFFRE .....	68
2.1 - de rejets .....	68
2.2 - de rejets récupérables .....	68
3 - PROMOUVOIR LA DEMANDE .....	69
4 - RAPPROCHER L'OFFRE ET LA DEMANDE .....	69
4.1 - Différents moyens .....	69
4.2 - Gérer l'Information .....	70
4.3 - Organiser la récupération .....	70
4.4 - Régulariser les cours .....	72
4.5 - Utiliser la fiscalité .....	73
4.6 - Internaliser les coûts externes .....	73
4.7 - Favoriser la recherche .....	74
4.8 - Développer certains procédés .....	74
4.9 - Mener des actions de formation .....	76
4.10- Donner un vocabulaire commun .....	77
5 - CONCLUSION .....	77
CONCLUSION GENERALE .....	78
TABLE DES ANNEXES	
Annexe 1 - Démonstration de l'influence de la durée de vie sur le taux de réincorporation	
Annexe 2 - Démonstration de la possibilité de supposer la durée de vie fixe	
Annexe 3 - Le recyclage dans un modèle du type club de Rome	
Annexe 4 - Coefficients techniques de production des déchets	
Annexe 5 - Durées de vie actuelles	
Annexe 6 - Coût d'une expérience de collecte sélective	
Annexe 7 - Effet des impuretés dans les ferrailles	
Annexe 8 - Lexique du recyclage	
Annexe 9 - Tableau des enquêtes utiles	
Annexe 10 - Bibliographie	

## R E S U M E

Il faut retenir de ce rapport 5 idées importantes :

- Le recyclage n'est qu'une méthode parmi d'autres, pour répondre à la demande en matières premières. Il n'est peut être pas la meilleure solution, même s'il a l'avantage d'éviter la pollution des déchets solides abandonnés.
- Son choix ne devrait pas être fait à partir de termes monétaires, découlant de prix à court termes.
- Toute mesure le favorisant, passe par une étude complémentaire des possibilités, des circuits actuels, puis des influences de chaque décision.
- Les mesures possibles sont nombreuses et diverses, de portée variable. Une paraît déjà applicable : obtenir que le recycleur soit payé d'une somme égale à ce qu'aurait coûté le transport et la mise en décharge des déchets.
- Il est nécessaire d'agir, et pour cela de réfléchir, dès maintenant.

C O N D E N S E

La demande en matières premières croît par suite de l'augmentation de la population et de l'élévation du niveau de vie ; elle peut être satisfaite par l'extraction de minerais de la terre (de la matière première recherchée ou d'une autre que l'on substitue), par l'allongement de la durée de vie, ou par le recyclage et la réutilisation des déchets et débris solides (le recyclage est l'utilisation d'un rejet dans un emploi analogue à ce qu'il avait auparavant ; par exemple : l'emploi de ferrailles dans l'acier ; la réutilisation est l'emploi d'un rejet dans un nouveau produit ; par exemple : l'emploi de verre dans des briques ; les déchets sont les résidus de fabrication, les débris, les produits "consommés").

Parmi ces diverses méthodes, le recyclage seul permet, de plus, d'éviter la pollution par les déchets solides abandonnés. Il reste cependant une méthode parmi d'autres.

On a pu définir les rejets comme "ce qu'il est plus intéressant de jeter que d'utiliser". Le recyclage des rejets apparaît alors quelque peu comme un paradoxe. Il s'agit en fait de bien placer la limite - objets récupérés - objets jetés - ou, ce qui revient au même, de décider quelle part de la demande sera satisfaite par le recyclage.

Ces choix s'effectuent actuellement en fonction de critères économiques fondés sur des prix de marché, donc à court terme. C'est un tort car ces prix qui ne reflètent ni la rareté, ni la complexité d'élaboration des produits, ni l'influence sur l'environnement (dans toutes ses manifestations), ni une bonne préférence pour le présent, conduisent à des choix qui risquent d'hypothéquer l'avenir de nos enfants de façon irrémédiable.

L'importance du problème est telle qu'il ne faut pas continuer à laisser ce choix politique se faire sur des critères monétaires.

Il est certain que le taux de récupération est en dessous de l'optimum. Il faut donc prendre des mesures pour l'augmenter, et pour cela, connaître déjà mieux les déchets produits ou consommés et les circuits actuels de récupération.

Nous l'étudions, dans une deuxième partie, pour le papier et les métaux ferreux et non ferreux :

- l'offre, c'est-à-dire la production de déchet, est difficile à connaître. Elle comprend deux termes :

- . les déchets, proportion fixe (à court terme) de la production,
- . les débris, dont le volume est égal à ce qui avait été consommé n années auparavant (n est la durée de vie des produits).

Elle peut aussi être évaluée directement ;

- la demande, c'est-à-dire la consommation (réelle ou maximale) de rejets, est une proportion fixe à court terme, plus flexible à long terme, de la production ; elle est donc plus facile à chiffrer ;

- les circuits de récupération sont en fait assez mal connus. Les opérateurs (petits ramasseurs, demi-grossistes, grossistes, super-grossistes, courtiers, etc.) figurent dans une catégorie de l'INSEE. Mais, comme ils ne sont pas obligés de tenir de statistiques, les tonnages traités, la structure des coûts, le type de contrat habituellement pratiqué, échappent à toute connaissance. Ce sont encore des commerçants, qui commencent à s'organiser pour réussir à prendre en charge un développement important de la récupération. Ils sont cependant freinés dans leurs investissements par l'anarchie des prix, qui désorganise le marché. La loi de l'offre et de la demande reste la seule raison de détermination des prix, avec tous ses effets annexes comme la spéculation, le retard d'adaptation de l'offre, le désir de bénéfice, ou l'arbitrage international.

Nous évoquons enfin, dans une troisième partie, quelques mesures possibles.

Avant de les appliquer, il sera nécessaire de prévoir leurs effets, et donc de mieux connaître la récupération.

On peut alors agir sur l'offre, mais il ne semble pas souhaitable d'augmenter le tonnage de rejets produits - peut-être seulement de transformer tout rejet en un rejet facilement récupérable - en particulier par la classification à la source en plusieurs catégories (au moins propres et sales), une telle solution semble particulièrement intéressante pour les ordures ménagères.

On peut agir sur la demande, en promouvant l'emploi des produits recyclés, et en supprimant déjà toutes les restrictions actuelles à l'emploi de produits de récupération.

On peut faciliter la satisfaction de l'offre par la demande :

- soit en l'organisant complètement, par exemple en indiquant à chaque industrie productrice de déchet quelle industrie consommatrice peut les utiliser (et *vice versa*). Une autre solution est d'obliger tout acheteur à fournir des déchets comme part de son paiement ;

- soit en régularisant les cours, ce qui permettra la passation des contrats à long terme et la transformation des récupérateurs en une véritable industrie ;

- soit en subventionnant les récupérateurs, ce qui permettrait, par exemple, l'internalisation de certains coûts externes. Il serait normal, en particulier, que chaque pollueur paie une somme (égale au coût des nuisances qu'il occasionne) pour chaque tonne de déchet produite qui serait reversée au récupérateur.

Enfin, le développement de la récupération passe par de nouvelles recherches, de nouveaux investissements.

On favorisera la recherche par des subventions ou des prêts en permettant l'utilisation pour le recyclage des sommes conservées en franchise d'impôt comme provision pour reconstitution de gisement - mesure logique puisque cette recherche équivaut à la prospection de nouveaux minerais -.

On favorisera les investissements en permettant la récupération de la TVA, portée à un taux plus important, ou par la redistribution d'une taxe parafiscale.

Il faut agir pour éviter que, dans quelques milliers d'années, un archéologue termite ne dise à propos de l'humanité

*Fluctuavit, nunc mergitur !*

## REMERCIEMENTS

Ce dossier long fut particulièrement délicat à mettre au point, le sujet étant tout à fait nouveau en France.

L'auteur n'en est que davantage reconnaissant à tous ceux qui ont pu participer à ses enquêtes, soit en lui confiant des études ou des renseignements divers, soit en lui permettant des visites d'installations, soit en le guidant dans ses recherches.

Le manque de temps ne m'a pas permis de voir tout ce que je désirais, de rendre visite à toutes les nombreuses personnes qui se sont proposées pour m'aider. Qu'elles trouvent ici mes remerciements pour leurs offres, et mes excuses pour ne pas avoir profité de leurs bonnes dispositions.

Je remercie tout spécialement mes directeurs de dossier, Messieurs AFFHOLDER, HUGON et MARTIN, sans lesquels ce dossier long n'aurait pas la qualité que je lui espère.

Enfin ma gratitude va au BRGM qui a bien voulu se charger du travail long et délicat de l'édition de ce rapport.

## A V E R T I S S E M E N T

La première partie de ce dossier long est rédigée dans l'esprit du rapport "*The limits to Growth*" et des commentaires que l'on a pu faire à son sujet. Elle tente de fournir une base saine pour des discussions ultérieures, de définir les sources de la demande en matières premières, et les moyens de satisfaire à sa croissance, en précisant le plus simplement et le plus clairement, mais aussi le plus nettement possible les intérêts en jeu, les effets et mécanismes de réaction. Elle ne contient donc que peu d'idées nouvelles.

La seconde partie précise quelques données sur les déchets en France, leurs sources, les moyens de les récupérer, et les circuits de recyclage. Ces données sont soit physiques, soit économiques, soit psychologiques.

La troisième partie propose plusieurs mesures pour développer le recyclage, d'ordre économique, sociologique ou psychologique.

Si, dans un domaine où d'énormes inexactitudes<sup>(1)</sup> furent parfois énoncées par certains des plus éminents, ce dossier long permettait d'éclaircir des idées souvent imprécises, d'éviter de nouvelles paroles inappropriées,<sup>(1)</sup> des mesures injustifiées ; s'il obtenait que chacun vienne à une table de discussion avec une vue nette des problèmes, avec la conscience que ses intérêts diffèrent peut-être de ceux des autres, alors neuf mois de travail et de réflexion ne se conclueront pas uniquement par une étude de plus ...

---

(1) Euphémisme

## P R E M I E R E   P A R T I E

### P H E N O M E N O L O G I E   D U   R E C Y C L A G E

#### 1 - ORIGINE ET AMPLEUR DU PROBLEME DE LA CROISSANCE

La consommation de matières premières croît régulièrement, depuis longtemps, de façon exponentielle ou même plus vite encore (on a pu parler de croissance "hyper-exponentielle"). Cela ne manque pas d'affoler périodiquement certains penseurs, souvent doués d'un sens de l'image très développé (ainsi, il ont trouvé, que pour répondre à la consommation d'énergie de l'an 3000, il faudrait extraire cette année-là un volume de charbon égal à la moitié de celui de la terre !).

Depuis longtemps, pour des raisons économiques, on avait introduit la notion de réserve d'un gisement (quantité de minerai déjà connue et exploitable) sans changement des conditions économiques (teneur minimale, mécanisation, etc.).

Pour tenter de chiffrer les limites des ressources de la planète, on a étendu cette notion à celle de réserves terrestres d'un minerai, souvent en perdant de vue :

- que déjà pour le gisement les réserves étaient fonction des conditions économiques, en particulier du prix de vente du minerai (par exemple les réserves des mines de fer de Lorraine étaient évaluées à 5,6 Mrd tonnes en 1960, elles sont maintenant (1972) évaluées à 2 Mrd tonnes à cause du prix de vente inférieur (à francs constants) dû à la concurrence des minerais riches d'outre-mer, - et non à cause de l'extraction, qui n'a ôté que 0,7 Mrd tonnes ;

- que si certains vieux gisements sont bien connus, d'autres ont des limites encore mal reconnues ;

- que l'on est fort loin d'avoir exploré toute la planète. Les recherches coûtent en effet fort cher, et il serait ridicule pour une société de dépenser en recherches des sommes que l'on ne récupérera que dans plus de 50 ans.

C'est l'oubli de ce fait qui a pu faire écrire, tous les dix ou vingt ans depuis 1880, que le monde allait manquer de ressources, dans vingt ans, en pétrole, fer ou zinc ...

Les limites de la croissance sont de nouveau, en cette année 1972-73, au centre des conversations de salon ou des programmes politiques à long terme.

Faut-il arrêter la croissance dès maintenant ?

Il est certain qu'il faudra faire quelque chose avant l'an 3000. Le problème est de savoir si c'est à nous de faire ce quelque chose, ou si nous devons laisser le problème à nos petits-enfants, qui le résoudre dans un contexte technique, culturel, sociologique, économique et politique différent.

Négliger la question s'il est vraiment temps, c'est sacrifier nos arrières-petits-enfants.

Y répondre oui trop tôt, c'est probablement sacrifier leur bonheur - pour autant que celui-ci est lié à des richesses matérielles.

## 2 - LES CAUSES DE LA DEMANDE

La croissance de la demande en matières premières a deux origines.

- La croissance de la population :  
sa limitation ou sa réduction est un thème beaucoup débattu, et qui dépasse beaucoup ce rapport.

- La croissance de la consommation par tête :  
liée au niveau de vie, elle correspond à des aspirations des peuples dont les valeurs de civilisation sont celles de l'Occident. On a pu constater une consolidation de ces idées, rapidement accentuée grâce à la publicité, et une diffusion dans le monde entier, par différents procédés, de ces valeurs de civilisation.

Là encore, une discussion sur ce point dépasse ce rapport. Signalons simplement :

- que le Moyen Age n'avait peut-être pas encore partout ce désir de consommation maximale (les Vénitiens l'avaient pour les Croisades, mais les bâtisseurs de cathédrales en tenaient-ils compte ?) ;

- que d'autres peuples avaient des valeurs de civilisation complètement différentes (l'hindouisme en particulier) qui sont peut-être en train de renaître, (Chine, ou de façon marginale, aux U.S.A.).

## 3 - PLUSIEURS REPONSES SONT POSSIBLES

On peut répondre à la demande, si elle se maintient, de plusieurs façons.

### 3.1. - L'augmentation des ressources minérales classiques

Cette question fait l'objet d'un autre dossier long. Résumons-la simplement ici :

Moyennant une augmentation du prix des matières premières, tolérable par toute économie nationale (l'examen du tableau inter-industriel et de la structure du PIB français permet de découvrir que dans le prix final payé par les consommateurs, plus de 95% est de la "valeur ajoutée" et moins de 5% des matières premières) et ne conduisant pas à une aggravation des

distorsions entre pays (les mines les plus importantes sont situées dans les pays en voie de développement, donc un accroissement du prix des minerais ne peut que leur être favorable - abstraction faite peut-être des phénomènes monétaires) il est possible d'augmenter énormément la quantité des matières premières disponibles à l'échelon mondial - à condition d'effectuer à temps les recherches nécessaires, et de prendre à temps les décisions d'équipement des sites miniers ; l'exemple des mines de fer de Lorraine a déjà été signalé. On a pu dire également que quand le prix des minerais augmente linéairement, le taux de coupure diminue linéairement, et les réserves disponibles augmentent exponentiellement (pour un certain temps, et les gisements de type courant tout au moins).

3.2. - La substitution aux matières minérales en voie d'épuisement relatif de matières différentes. Citons par exemple le remplacement du cuivre par l'aluminium dans les câbles électriques.

Un autre "dossier long" détaille cette solution.

3.3. - L'allongement de la durée de vie des produits. En effet ce que quelqu'un recherche quand il se procure un objet, ce n'est pas de l'acheter, ce sont les satisfactions que lui procurera l'usage de cet objet. Ceci est particulièrement vrai pour les biens d'investissements, l'est moins pour les biens de grande consommation (certains ont le désir d'avoir le dernier modèle de voiture) ; on peut se demander dans quelle mesure ce n'est pas la faute de la publicité - ou du capitalisme. L'allongement de la durée de vie utile d'un produit permet donc, à satisfaction égale, de faire face à cette part importante de la consommation que nécessite actuellement le renouvellement des objets usés.

Remarquons déjà à ce propos que dans notre civilisation de progrès technique et de consommation, la tendance est plutôt à une réduction des durées de vie. Il faudrait donc inverser cette tendance.

3.4. - La récupération (recyclage, réutilisation et réemploi) est une dernière méthode, d'ailleurs apparentée aux deux précédentes :

- les rejets solides peuvent être considérés comme une source de matières premières substituables aux dépôts minéraux naturels ;

- la récupération est un moyen de prolonger la vie utile des matériaux contenus dans les rejets - même si c'est sous une autre forme.

#### 4 - QUELQUES DEFINITIONS

Donnons à ce propos les définitions précises des termes que nous venons d'employer et qui apparaîtront fréquemment dans ce rapport (*une liste plus détaillée figure en annexe 8*).

##### 4.1. - Le recyclage

C'est l'emploi d'un rejet dans la fabrication d'un produit analogue au produit initial : par exemple, l'utilisation de ferrailles dans l'élaboration de l'acier, ou la refonte de calcin (verre brisé) en de nouvelles bouteilles.

#### 4.2. - La réutilisation

C'est l'emploi d'un rejet dans un usage différent de celui auquel il pouvait être destiné lors de sa première élaboration.

La fabrication de briques à partir de verre brisé est un exemple de réutilisation.

Employer un rejet pour lequel aucun usage n'était prévu, ou dont c'est la première élaboration, ou dont l'élaboration est irréversible, est encore de la réutilisation. La fabrication de briques à partir de cendres volantes est un exemple de ce cas.

En général la réutilisation nécessite des purifications moins poussées que le recyclage. Par contre elle valorise moins les rejets.

4.3. - Le réemploi est une prolongation de la durée de vie, sans modification du produit. Par exemple, la ménagère qui transporte ses emplettes du supermarché dans un carton de livraison fait du réemploi.

4.4. - La réparation est enfin une forme voisine du réemploi.

4.5. - La récupération est le terme général, qui recouvre tous les précédents. On emploie aussi fréquemment, en fait à tort, "recyclage" comme terme général.

4.6. - Les rejets peuvent être classés en deux catégories :

- les déchets,
- les débris.

4.7. - Les déchets, ou déchets fatals, ou résidus de fabrication : c'est ce qu'une usine produit en même temps que ce qu'elle désire fabriquer ; ceux-ci comprennent des produits de même nature (déchets mécaniques : chutes, tournures, rognures, etc.) ou de nature différente : dans un processus chimique on utilise fréquemment une réaction  $A + B \rightarrow C + D$  où C est le produit désiré, et D un "sous-produit" contenant en particulier les "impuretés" de A et B. De même dans une mine de cuivre, pour 1 tonne de concentré de cuivre produite on remue environ 200 tonnes de roche.

Ces résidus dépendent des conditions économiques : par exemple, avec la montée des prix des poutres, les entreprises s'équipent de machines de coupes plus précises, et programment leurs découpes de façon à minimiser les chutes. De même le tirage d'un journal est un compromis entre le désir d'éviter de perdre des ventes et des clients, et celui de réduire le "bouillon", c'est-à-dire les invendus, qui finissent comme déchets. Le prix du papier intervient donc dans la fixation du tirage.

Le terme "déchet" est parfois utilisé à tort, comme terme général, à la place de "rejet".

4.8. - Les objets devenus inutiles appelés parfois débris, soit parce que leur raison d'être n'existe plus (emballages), soit parce qu'ils sont usés (pneus), cassés et irréparables (cas de beaucoup de machines) ou obsolètes (voitures, machines outils).



Tableau 1

(en millions de tonnes)

Année	100	101	102	103	104	105	...110...	115
Stock au 1er janvier	3,79	4,17	4,59	5,05	5,55	6,10	9,83	15,8
Consommation pendant l'an- née n	1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	2,59	4,18
Rejets pendant l'année n	0,62	0,68	0,75	0,83	0,91	1,00	1,61	2,59
Extraction nécessaire si TR = 100 %	0,38	0,42	0,46	0,50	0,51	0,61	0,98	1,59
Extraction nécessaire si TR = 50 %	0,69	0,76	0,83	0,91	1,00	1,10	1,79	2,89

On constate et on démontre que le taux de réincorporation (1)

$$TI = \frac{(\text{quantité de métallium récupérée dans l'année})}{(\text{" " " consommée " "})} \text{ est constant et vaut } 62 \text{ \%}.$$

5.3. - Dans le cas où en l'an 100, on décide - et on obtient - que la durée de vie des produits en métallium passe à 10 ans, le tableau devient :

(1) Ce taux est aussi appelé taux d'utilisation, mise en mille, etc..

Tableau 2

Année	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	...	114	115	...
Stock	3,79	4,17	4,59	5,05	5,55	6,10	6,71	7,38	8,12	8,93	9,83	...	14,4	15,8	...
Consommation	1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	0,61 <sup>(1)</sup>	0,67	0,74	0,81	0,89	1,98	...	2,90	2,19	...
Rejet	0,62	0,68	0,75	0,83	0,91	0	0	0	0	0	1,00	...	1,46	0,61	...
Taux d'incorporation %	62	62	62	62	62	0	0	0	0	0	51	...	51	28	...
Extraction nécessaire	0,38	0,42	0,46	0,51	0,55	0,61	0,67	0,74	0,81	0,89	0,98	...	1,44	1,59	...
Extraction nécessaire à taux de recyclage=50%	0,69	0,76	0,83	0,91	1,00	0,61	0,67	0,74	0,81	0,89	1,48	...	2,17	1,89	...

(1) Ce chiffre peut surprendre, il a été obtenu à partir des équations expliquées en Annexe 1.

On peut aussi le retrouver par le raisonnement suivant :

- ce n'est pas  $1,46 + 10\%$ , puisque nous avons supposé que les besoins étaient des besoins de jouissance, donc de parc ou de stock, et non des nouvelles fabrications ; seul le parc (ici en lère ligne) croît de  $10\%$  par an ;

- en 104, la consommation de métallium, soit  $1,46$  Mio t s'expliquait  
 - pour  $0,91$  Mio t par le renouvellement de matériels périmés,  
 - pour le reste soit  $0,55$  Mio t, par des besoins nouveaux.

En 105, le renouvellement de matériels usés n'a plus de raison d'être. Il ne reste que les besoins nouveaux, qui restent, eux, en croissance de  $10\%$  par an, donc on a besoin de :

$$0,55 + 10\% = 0,61.$$

Tableau 2bis

Année	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Stock	3,79	6,1	9,83	15,8	25,5	41,0	66	107	172	278
Consommation	1	0,61	1,98	2,20	4,53	6,3	11,1	17,0	28,3	44,8
Rejets	0,62	0	1	0,61	1,98	2,20	4,53	6,3	11,1	17,0
TR (%)	62	0	51	28	43	35	40	37	39	38
EN	0,38	0,61	0,98	1,58	2,55	4,1	6,6	10,7	17,2	27,8
EN si TR = 50%	0,69	0,61	1,48	1,89	3,54	5,2	8,9	13,8	22,8	36,3

5.4. - On constate que, si la durée de vie des produits augmente :

- rien n'est changé pendant les premières années (ici pendant 5 ans) qui correspondent à la mort des produits ayant l'ancienne durée de vie ;

- on arrive ensuite à des paliers (ici de 5 ans) successifs s'amortissant, progressivement (1), caractérisés par :

- une consommation de métallium neuf inférieure (par exemple en 110 : 1,98 au lieu de 2,59, ou en 115 : 2,19 au lieu de 4,18),

- une production de rejets inférieure (par exemple en 110 : 1,0 au lieu de 1,61), ce qui profite déjà à l'environnement (cf. § 7),

- un taux de réincorporation inférieur,

(ce taux serait de 62%, constamment, sans l'allongement de la durée de vie. Ici il est de 0% de 105 à 109, 52% de 110 à 115, 28% de 116 à 120, et il se rapproche ainsi, en oscillant (1) de 38%) ;

- si le taux de collecte (ou recyclage) est bien de 100%, le tonnage qu'il est nécessaire d'extraire de la terre reste identique à ce qu'il aurait été ;

ce résultat est normal ; le tonnage qu'il faut extraire du sol correspond à l'augmentation du stock, et ne dépend donc pas de la durée de vie ;

- par contre, si le taux de recyclage est inférieur, par exemple de 50%, l'allongement de la durée de vie permet d'économiser les réserves minières (ou, plus exactement, d'éviter d'exploiter des mines trop pauvres

(1) Ces phénomènes s'expliquent par notre hypothèse d'une durée de vie fixe des produits, que l'on change brutalement. Dans la réalité, on pourrait soit observer de telles oscillations, soit avoir un glissement progressif vers la situation ultérieure.

ou éloignées ) : par exemple en 115 NF, il ne faut extraire du sol que 1,89 Mio tonnes de métallium au lieu de 2,89 Mio tonnes si la durée de vie était restée de 5 ans.

#### 5.5. - Ces phénomènes sont généraux :

Si la durée de vie d'un produit augmente, le taux de réincorporation possible diminue, et

- si le taux de collecte est de 100 %, rien n'est changé à ce qu'il faut extraire de la terre ;

- si le taux de collecte est moindre, l'allongement de la durée de vie des produits permet une réduction de la production minière.

Ils sont d'autant plus marqués que le taux de croissance du besoin, l'allongement de la durée de vie des produits sont grands.

5.6. - L'allongement de la durée de vie des objets apparaît donc comme incompatible avec un recyclage accru. Il ne faut cependant pas oublier que l'objectif n'est pas de recycler, mais de répondre à la demande de matières premières. La meilleure solution dépend du "poids psychologique" donnée aux avantages et aux inconvénients (coût monétaire, influence sur l'environnement, conservation des réserves, indépendance nationale, etc.) de chacune des 3 solutions (extraction minière, allongement de la durée de vie, récupération).

## 6 - LE RECYCLAGE PROFITE DE PLUS A L'ENVIRONNEMENT

6.1. - Recyclage et réutilisation présentent un avantage sur les autres méthodes évoquées pour parer au manque de matières premières ; si l'un ou l'autre n'était pas fait, les rejets devraient être mis en décharge, éventuellement après broyage ou incinération.

Ceci polluerait, le plus souvent, car

- l'eau, par percolation à travers les ordures, se charge en substances nocives, qui peuvent ainsi parvenir dans les nappes phréatiques ou dans les rivières ;

- les vieux papiers s'envolent au vent, et s'éparpillent dans les paysages ;

- en profondeur se produit une fermentation, dégageant des gaz délétères ;

- l'incinération produit des gaz nocifs (CO, HCl du plastique) et chargés en poussières laisse des mâchefers ;

- enfin les décharges abîment fréquemment les sites.

6.2. - Ces inconvénients peuvent certes être palliés individuellement (décharges contrôlées en sites appropriés, filtrage des gaz et fumées d'incinération) mais le recyclage ou la réutilisation permet de les éviter tous - et comme les pollutions engendrées par le recyclage lui-même sont inférieures à celles qu'entraînerait l'extraction à partir des minerais, le bénéfice total pour l'environnement est même supérieur à cette seule suppression.

Le recyclage ne doit cependant pas être considéré comme une fin en soi : il y a certaines matières encore abondantes, dont la fabrication pollue peu, alors que le recyclage, encore difficile, est nuisible à l'environnement. Or de la pollution de l'air, de l'eau ou par des rejets solides, c'est la dernière qui est la moins nuisible : ainsi la Sidérurgie lorraine utilise comme argument, pour la survie de la minette, que la plus grande part de laitier permet de piéger le soufre du coke, et d'éviter de dégager du SO<sub>2</sub>.

## 7 - LES CRITERES DE PRIX

7.1. - Les différentes décisions que nous avons indiquées, à savoir :

- quelle doit être la durée de vie des produits,
- où fixer la limite objets jetés - objets recyclés,
- quelle part de la demande en matière première doit être satisfaite par l'allongement de la durée de vie, la récupération, et l'extraction minière,

ne sont en fait que différentes facettes d'un même problème : comment satisfaire la demande.

Ces décisions sont actuellement prises en fonction des prix, fixés par le marché à court terme.

C'est un tort car :

- les coûts pris en compte le sont par le seul décideur, et ne reflètent pas l'intérêt général ;
- les prix ne reflètent pas la rareté, ni l'influence sur l'environnement, ni la facilité de travail, ni le désir d'indépendance nationale ;
- l'actualisation, souvent pratiquée, convient mal au long terme.

7.2. - Un prix pour le seul décideur, sans coûts externes.

Le choix est fait actuellement en tenant compte uniquement des dépenses (et recettes) effectives du décideur. Par exemple on substitue de l'aluminium au cuivre dans les câbles électriques parce que le premier a un prix de revient moindre, à capacité de transport de courant égal, que celui-là. Il s'agit bien du prix pour le décideur (ici l'E.d.F.) car la comparaison tient compte :

- de l'achat du câble,
- de la plus ou moins grande capacité de pose,
- de la taille et la force des pylônes nécessaires, etc..

mais il ne tient pas compte, entre autres, de la perte subie par les industries touristiques près des mines de bauxite (ou des gains de celles qui sont près des mines de cuivre), de l'influence sur la balance des paiements, ou de la réduction du coût des maladies professionnelles des mineurs de cuivre. Rappelons que ces coûts sont, dans le système économique actuel, appelés pudiquement "coûts externes".

Dans le recyclage en particulier, on trouvera que les choix qui seraient faits par divers agents économiques diffèrent, car :

- le ménage paie une somme fixe quel que soit le volume de rejets qu'il fait évacuer ;

- l'industriel paie une somme proportionnelle au tonnage qu'il jette, plus ou moins bien liée au coût réel d'élimination ;
- la municipalité ou ses ayants-droit paie le coût réel de l'élimination, mais reçoit en recettes ce que paient les ménages et les industriels ;
- l'entreprise de récupération achète ses déchets aux industries ou est payée par ces dernières pour enlever des substances nuisibles ; plus fréquemment selon le rapport de force récupérateur - industries qu'autrement ;
- l'Etat enfin tient compte simultanément des intérêts de tous ses membres, de façon égale en principe.

7.3. - Le prix ne reflète pas la rareté

Ainsi la thermie charbon a un coût triple de la thermie fuel, alors que les "réserves ultimes probables" du charbon sont au moins quintuples de celles du pétrole - et que le coût du raffinage du fuel est supérieur à celui du lavage du charbon.

7.4. - Le prix ne reflète pas l'influence sur l'environnement

On a pu mesurer cette influence par la variation de potentiel thermodynamique du monde :

$$F = U - TS$$

Par exemple, à partir des bilans calorifiques de chaque opération, bien connus des spécialistes de génie chimique, on a pu calculer la variation de potentiel thermodynamique lors de la fabrication d'une voiture.

Tableau 3

Source : (5) (en kwh/voiture en 1970)  
E = moins de 0,1

Etape	Changement idéal (transformations réversibles)	Changement en pratique
Extraction	- 6	- 2300
Fabrication	E	- 3100
Utilisation normale	E	E
Recyclage	E	à - 1200 - 2300
Mise en décharge	- 25	- 25
Dégradation	- 2	- 2
Fabrication pour une durée de vie double ou triple	E	à - 3600 - 4100

On en déduit :

demande à l'environnement pour la fabrication d'une voiture :

- à partir de matériaux bruts : 5 400 kwh
- " " " recyclés : 4 300 kwh
- d'une durée de vie double : 6 400 kwh  
(soit 3 200 kwh ramené à la même durée de vie).

Or la structure des prix est très différente :

- coût moyen d'une voiture 15 000 F
- si celle-ci est faite à partir  
de matériaux recyclés 17 000 F
- avec une durée de vie double 40 000 F

### 7.5. - Le prix ne reflète pas la facilité de travail

Les technologies employées sont en effet complètement différentes. La minéralurgie extractive a été l'objet de recherches poussées, qui ont permis de trouver des appareils de valorisation des minerais modernes (par exemple, le tri des minerais par fluorescence UV). Au contraire, le recyclage repose le plus souvent sur du tri manuel, et ce n'est que tout récemment que les Etats-Unis ont commencé la recherche des procédés industriels (cf. |1|).

Nous sommes ici d'ailleurs très proches de la vérité sur ce que reflètent les coûts : les possibilités permises par des efforts de recherche (cumulés depuis l'origine des temps), ces efforts ayant été orientés :

- soit par des goûts personnels,
- soit par le hasard,
- soit parce qu'on apercevait, à l'époque, un "créneau de rentabilité" pour un produit,
- soit, mais rarement, par une politique de l'Etat - qui d'ailleurs jusqu'à présent a plutôt simplement renforcé les mouvements "naturels" que promu une politique propre.

7.6. - Certains ont pu soutenir que la tendance à long terme des prix, si l'on "internalisait les coûts externes", était de nature à donner des décisions identiques à celles qu'imposeraient des autres critères : il y avait convergence des critères à long terme.

Cette affirmation a été beaucoup discutée : d'une part il n'est pas facile de chiffrer, encore moins d'internaliser les coûts externes (comment estimer, par exemple, la détérioration d'un site) ; le problème est analogue à ce qu'on peut rencontrer dans la détermination d'une fonction d'utilité collective (1). D'autre part même si on y parvient, la convergence des critères n'est pas certaine : les buts individuels (par exemple la maximisation du profit) ne sont pas les buts collectifs (par exemple la maximisation du P.N.B.) et les deux ne sont pas forcément compatibles.

### 7.7. - L'actualisation convient mal au long terme

Signalons que de toute façon les raisonnements économiques sont faits en "actualisant" les prix, et que ceci conduit à donner à l'avenir lointain une importance très faible. Savoir s'il y a ou non convergence des critères n'est pas important.

(1) Ce qui est peu surprenant.

Par exemple actualiser à 10%, c'est donner à tout l'avenir le seul poids de 10 :

$$P = \frac{1}{1,1} + \frac{1}{(1,1)^2} + \frac{1}{(1,1)^3} + \dots + \frac{1}{(1,1)^n} + \dots$$
$$= \frac{1}{1 - \frac{1}{1,1}} - 1 = 11 - 1 = 10$$

et que ce poids diminue au fur et à mesure que le taux d'actualisation augmente ! (en supposant les prix constants, mais s'il y a inflation, il suffit de prendre un taux d'actualisation diminué du taux d'inflation pour s'y ramener).

### 7.8. - Le prix ne reflète pas le désir d'indépendance nationale (ou la sécurité d'approvisionnement qu'elle donne)

Un autre critère de décision, inexistant tant que l'on parle au niveau mondial, devient très important lorsqu'on se préoccupe de l'approvisionnement d'un pays : l'indépendance nationale.

Celle-ci se traduit d'une part dans la balance des paiements : le recyclage permet d'éviter une fuite de devises.

Surtout l'utilisation de ressources locales permet de garantir la disponibilité des matières premières : dans le cas où un pays étranger fermerait ses mines, il deviendrait impossible d'éviter une crise - sauf si on a pris à l'avance les mesures nécessaires pour ne pas dépendre du minerai étranger.

On peut d'ailleurs indiquer que dans ce cas, les prix des matières premières augmenteraient rapidement : ce n'est pas d'un doublement du prix qu'il faudrait alors parler, mais plus probablement d'un décuplement - à en juger par exemple par l'envolée des cours du cuivre au London Metal exchange à l'annonce de la moindre grève au Chili.

C'est pour se prémunir contre les exigences possibles des pays producteurs que, par exemple, les U.S.A. forent en Alaska.

## 8 - LES CHOIX NE DOIVENT PAS RESTER FONDES SUR DES CRITERES MONETAIRES

Les raisons économiques, qui jouent actuellement, ont fait que le recyclage a été jusqu'aujourd'hui limité. Les raisons écologiques, de rareté des substances, ou d'indépendance nationale poussent à le développer.

L'importance du problème est telle qu'il ne faut pas continuer à laisser ce choix politique se faire sur des critères monétaires.

En pratique, la question se pose ainsi :

Est-on prêt à payer plus cher les ressources pour garantir une certaine qualité de la vie, une meilleure indépendance nationale ?

Tout bon politicien posera immédiatement les questions : combien cela va-t-il coûter ? Pour quels résultats ? Comment agir ?

L'intention première de ce dossier long était de répondre à ces trois questions.

Malheureusement, la connaissance du recyclage, même par ceux qui en font profession depuis 20 ans, les statistiques disponibles, l'ouverture d'esprit des responsables, sont encore très insuffisantes.

Certains chiffres, certaines études existent ; elles ne sont que très partielles - bien que souvent remarquables.

Il aurait fallu au moins 30 hommes-an pour commencer à connaître suffisamment le sujet pour répondre, en particulier, à la première question.

En 6 mois, je n'ai donc pu étudier que quelques aspects. L'importance du sujet nécessiterait peut-être une étude plus complète.

Une première conclusion de ce dossier long est, en tous cas, qu'il faut développer la connaissance du recyclage, peut-être en particulier en soumettant à la statistique obligatoire tous les chiffonniers, ferrailleurs, grossistes, demi-grossistes, affineurs, brocanteurs, etc. (ce que, pour des raisons fiscales, cherche aussi à faire le Ministère des Finances).

## DEUXIEME PARTIE

### SITUATION ACTUELLE DE LA RECUPERATION

Pour répondre à la deuxième question : "Quels résultats peut-on attendre", nous allons considérer le recyclage avec les outils d'un processus industriel classique, c'est-à-dire que nous regarderons :

- l'offre (type et quantité de déchets produits),
- le marché (qualité et quantité de produits écoulables),
- le procédé de transformation (techniques, coûts et leur décomposition, besoins en énergie, pollution(s) annexe(s)), (1)
- les industriels (qui peut mettre en oeuvre le procédé, quels sont les besoins en travailleurs ?),
- les sources de financement et leur rentabilité, (1)

en insistant d'ailleurs plus sur la méthodologie que sur les résultats, dont beaucoup sont incertains.

Il faudrait étudier ces cinq aspects pour chaque produit recyclable, c'est-à-dire en particulier pour :

- les métaux ferreux,
- les métaux non-ferreux (aluminium, cuivre, zinc, plomb, nickel),
- les métaux précieux (or, argent, vanadium, chrome),
- le verre
- le papier
- les chiffons et textiles
- le caoutchouc
- les plastiques.

Nous n'étudierons ici que les métaux ferreux et non-ferreux et le papier ; ceux-ci d'une part représentent plus de 80% des activités des industries de la récupération, d'autre part font seuls l'objet d'un début de statistiques ; leurs producteurs enfin furent les plus coopératifs dans cette étude.

---

(1) pour ces deux parties, voir (|1|)

## Chapitre I

### L'OFFRE DE REJETS

#### 1.1. - Les différentes sortes d'offre

Les rejets produits (toutes sources confondues) constituent l'offre primaire.

Une partie parfois importante des déchets est en fait réutilisée ou recyclée à l'intérieur de l'usine qui les a produits. Ils n'apparaissent donc pas à l'extérieur.

L'offre secondaire sera la part des rejets qui sort effectivement du circuit de production. C'est sur elle que doivent porter les efforts de récupération.

#### 1.2. - L'imprécision des statistiques

On a en fait très peu de données, tant sur la quantité de rejets que sur leur composition réelle. Les chiffres sont souvent donnés sans précisions ; en particulier on ne sait que rarement s'il s'agit d'offre primaire ou secondaire. Il conviendra donc d'être très prudent dans l'utilisation des quelques chiffres obtenus, et donnés ci-après. Leur imprécision peut atteindre 30%, parfois 100%.

#### 1.3. - L'utilité d'une telle approche

L'approche par l'offre permet d'obtenir deux renseignements :

- voir, par comparaison avec ce qui est récupéré actuellement, quel taux de collecte est assuré, c'est-à-dire jusqu'à quel point on pousse la chasse au déchet pour récupération ;

- savoir, par comparaison avec la demande, où porter les efforts de recherche dans de nouveaux procédés : par exemple, si l'offre de rejets de métallium est de 3 Mio t par an alors que la demande est de 1 Mio t, il faut trouver des procédés permettant d'absorber 2 Mio t (et de les mettre sur un marché ; si on ne faisait que les transformer en un autre type de rejet, le progrès serait négatif).

#### 1.4. - L'offre primaire

##### 1.4.1. - Méthode de calcul

Les rejets ont, nous l'avons dit, deux origines :

- les déchets ou résidus de fabrication,
- les débris ou produits consommés.

On peut donc calculer ainsi l'offre primaire des déchets de métallium :

1.4.1.1. - Si la durée de vie de tous les objets en métallium a une fonction de probabilité  $f(d)$ , ( $100.f(d)$  % des produits ont une durée de vie  $d$ ), et si la production d'objets en métallium était  $p(n)$  ( $p(n)$  tonnes ont été fabriqués en l'année  $n$ ), alors les débris produits en l'année  $r$  sont égaux à

$$d_1(r) = \sum_{d=1}^{\infty} f(d) p(r-d)$$

Cette formule permet d'ailleurs de calculer pratiquement l'effet d'un allongement de la durée de vie ou d'une variation de la production.

1.4.1.2. - On connaît les coefficients techniques de production de déchets dans les processus de fabrication (qui varient chaque année à cause du progrès technique, soit  $c(n)$ ). Les déchets produits en l'année  $r$  sont égaux à

$$d_2(r) = p(r) c(r)$$

#### 1.4.2. - Incertitude

(Pour autant que la durée de fabrication soit d'un an, ce qui est généralement vrai).

1.4.2.1. - En pratique, il est difficile de connaître la fonction  $f$ <sup>(1)</sup> et les coefficients  $c$ . On arrive parfois à la valeur moyenne de  $f$ , par exemple pour les produits cuivreux<sup>(2)</sup> :

- câbles électriques	30 ans
- câbles dans les bâtiments	30 ans
- câbles téléphone	10 ans
- conducteurs automobiles	10 ans
- conducteurs caténaires	20 ans
- équipement domestique	5 ans
- toitures	50 ans
- moteurs	10 ans.

On en déduit, par exemple, la production de débris de cuivre en 1971.

1.4.2.2. - La perte de précision due à l'emploi d'une seule durée de vie au lieu d'une fonction de probabilité est faible : elle est d'habitude inférieure à 15% (voir les calculs en annexe 2).

1.4.2.3. - Les coefficients techniques de production de déchets n'ont jamais été étudiés systématiquement - encore moins d'ailleurs l'ont été leurs raisons d'être et les moyens de les réduire. Cela serait pourtant une excellente méthode pour diminuer la demande en matières premières.

Les enquêtes menées au cours de ce dossier long ont permis d'en indiquer quelques-uns ; par exemple :

fonderie de cuivreux au sable	50%
fonderie de cuivreux par centrifugation	300%
préparation de demi-produits sidérurgiques	22%
(coulée + laminage à chaud, à froid, coupures)	
D'autres sont donnés en Annexe 4.	

(1) En particulier parce que celle-ci dépend, au moins en partie, de l'avenir, et des produits de remplacement inventés alors (cf. § 4.8., p. 4).

(2) D'autres valeurs sont données en Annexe 4.

## 1.5. - L'offre secondaire

### 1.5.1. - Méthode de calcul

L'offre secondaire peut s'obtenir :

- soit à partir de l'offre primaire, en soustrayant ce qui est recyclé dans les usines,
- soit directement, par enquêtes statistiques.

Les deux méthodes, dans les rares cas où l'on peut les appliquer, donnent des résultats très différents - nouvelle preuve de l'imprécision des connaissances.

### 1.5.2. - Tonnages recyclés dans les usines

La première méthode serait plus satisfaisante, si l'offre primaire était bien connue : les quantités recyclées en usine sont souvent bien saisies par les statistiques.

Ainsi pour les ferrailles, en France, en milliers de tonnes :

Tableau 4

(Source : |10|)

Année	1971	1970	1969	1961
Chutes propres	5207	5190	4847	3773
Récupérations en usine	894	882	833	724
(dont vieilles fontes)	50%	45%	53%	350

- Pour les fabricants de cuivre, pourcentage de la production sortante recyclé dans l'usine même :

Tableau 5

	(%)	(t en 71)
Cuivre	tubes	25,1
	laminés	7,3
	files	22
Laiton	laminés	21
	barres	25,7
	tubes	6,9

- Pour les verreries

Tableau 6

	(%)
Bouteilles	5 à 10
Verre plat	2 à 5

### 1.5.3. - Statistiques directes

Celles-ci sont imprécises, à cause

- du caractère non-obligatoire des statistiques,
- des tonnages mise dans des décharges appartenant à l'usine même - ou en décharge sauvage,
- de la connaissance fragmentaire de ce qui est fait (les mesures sont soit en poids, soit en volume, et la densité est inconnue).

L'imprécision varie selon les catégories : pour les déchets miniers elle est de 50%, pour des déchets de valeur élevée (métaux précieux) de 10%.

Les dernières études (|9|) ont permis d'obtenir les chiffres du tableau 7, valables pour 1970.

Aucune estimation plus détaillée (par exemple précisant les rejets de chaque sorte de vieux papiers) ne semble disponible.

Tableau 7

Origine du rejet	Type de rejet	Poids de rejets produits en 1970 (10 <sup>3</sup> t)
Industrie	Ferrailles et vieilles fontes	13 000
	Métaux non-ferreux	300
	Emballages	500
	Autres cartons et papiers	550
	Cendres	800
	Bois	550
	Textiles	200
	Verres	300
	Plastique	200
	Caoutchouc	100
	Divers	2 000
Commerce	Emballages	1 250
	Autres papiers et cartons	750
	Bois	550
	Divers	4 000
Ménages	Papiers cartons	850
	Verre	800
	Métaux	500
	Textiles	300
	Plastique	150
	Divers	4 000
Mines et Agriculture	Agriculture	90 000
	Industries agricoles	800
	Abattoirs	1 000
	Mines	40 000
	Energie (dont cendres volantes)	3 800 (2 800)
	Boues de fabrication d'H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2 800
	d'Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 200
	de divers	300
	Bâtiments et Travaux Publics	20 000

### 1.5.4. - L'offre par les ordures ménagères

Les ordures ménagères sont une source encore peu exploitée. La prise de conscience de leur valeur est très récente. Elle n'en est que plus forte, et on peut d'ailleurs juger que le poids qui est donné à ce sujet est sans rapport avec le volume des ordures et leur densité ou avec la difficulté de leur élimination. Mais c'est une matière avec laquelle le public est en contact quotidien. Elle est donc chargée d'un poids politique notable.

Elle a fait l'objet d'études nombreuses, précises, et bien renseignées. La production d'OM en France est actuellement (1973) de 0,8 kg/ha/j ou 290 kg/an/ha ; elle croît de 3 à 5% par an. La densité est d'environ 150 kg/m<sup>3</sup> (OM brutes) et baisse rapidement.

#### 1.5.4.1. - *Offre directe*

Les ordures de 43 millions d'ha sont collectées (soit 86% de la population *(on ne sait ce que deviennent les OM des 14% restant ; une part importante doit être déjà réutilisée : nourriture des animaux domestiques, fumier ; l'autre est probablement mise en décharge plus ou moins sauvage)* et fournissent donc 117 Mio t en 1973.

Leur composition est variable. On trouve par exemple, en %, pour 1971 :

Tableau 8  
Sources (|7|), (|8|)

	Paris Moyenne générale		Banlieue	Gdes villes (> 100 kha) (3)	Villes moyennes (>30kha)	U.S.A.
	(1)	(2)				
Fines	25-50	19,1	18,4	12		3
Cendres					50	
Putrescibles		23,6	31,4	44,5		17,9
Papiers-cartons	6-35	28,0	24,6	20	30	53,2
Métaux	2-5	4,4	3,7	4,5	4	6,8
Chiffons	2-6	4,5	4,2	1	1	0,3
Verre	2-5	7,2	6,9	5	5	5
Os		1,5	1,3	2	1	
Autres combustibles (bois)		4,8	3,7	6	6	2
Autres non-combustibles		3,3	1,9	3	1	2
Plastiques	1-2	3,6	3,9	1	2	0,8
Humidité	30-50					9
<i>Total</i>		100	100,0	100,0	100	100,0

- (1) Pourcentage par rapport au poids des ordures brutes  
 (2) Pourcentage par rapport au poids des ordures sèches  
 (3) kha = millier d'habitants.

Sur la base de la colonne (5), les quantités offertes en 1972 seraient de

Tableau 9

<i>Nature</i>	<i>Quantité (10<sup>6</sup>t)</i>
Fines & cendres	1700
Putrescibles	4,8
Papiers cartons	3,4
Métaux	0,5
Chiffons	0,1
Verre	0,6
Os	0,1
Bois	0,7
Inertes	0,1
Plastiques	0,2
<i>Total</i>	<i>11,7</i>

#### 1.5.4.2. - Offre dérivée

Cependant une part importante des OM n'apparaît pas sous forme brute ; elles sont - soit compostées (ce qui n'est une forme de réutilisation que dans la mesure où celui-ci est épandu ; cela n'a lieu que pour 80% du compost, qui lui-même forme 70% des 10% des OM compostées ;

- soit incinérées, et les OM sont alors converties en mâchefers (qui ne représentent plus que 20 à 25% des OM initialement incinérées, soit 32% du tonnage national).

La composition moyenne des mâchefers est donnée au tableau 10, ce qui permet d'obtenir finalement la production actuelle de rejets issus des ordures ménagères (tableau 11).

Les tableaux ont un usage différent :

- si l'on s'intéresse au court terme, c'est le tableau 11 qu'il faut utiliser,

- par contre dans le long terme, on peut considérer que l'incinération (ou le compostage) n'est pas une solution satisfaisante. L'offre d'OM est alors celle qui est décrite dans un tableau du type 9.

Tableau 11

Produit	Mâchefers (%)	Cendres (%)	Total résidus incinération (%)
Verre	15	6	13,5
Ferrailles	13	2	11,5
Métaux non-ferreux	2	12	3,5
Inertes	70	80	71,5
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100,0</i>

(Source : USBM, BRGM)

Tableau 12

Produit	Quantité produite (10 <sup>3</sup> t)		Compost (1)	Total
	OM brutes	Incinérés		
Fines, cendres et inertes	780	720	50	1550
Putrescibles	2900	0	20	2920
Papiers cartons	2050	0	20	2070
Métaux ferreux	250	120	20	390
Métaux non-ferreux	50	35	5	90
Chiffons	60	0	3	63
Verre	360	130	20	510
Os	60	0	3	63
Bois	400	0	4	404
Plastiques	120	0	5	125
Compost	0	0	200	200
<i>Total</i>	<i>7030</i>	<i>1005</i>	<i>350</i>	<i>8385</i>

(1) Y compris : - compost non vendu  
- résidus de fabrication du compost.

## 1.6. - Conclusion

La connaissance de l'offre de rejets est très partielle ; par contre les méthodes qui permettent d'y parvenir semblent satisfaisantes. Il reste à les appliquer plus systématiquement. Une analyse plus fine nécessiterait une enquête statistique précisant - le type exact de déchet produit (nature, densité, putrescibilité, danger, etc.) ,

secondaire, - le genre d'offre : primaire ou  
- le lieu de production,  
- la destination actuelle du déchet,  
et la dépense (positive ou négative) qu'elle exige,  
- et bien sûr la quantité produite,  
ainsi que ses causes et variations.

## Chapitre II

### LA DEMANDE DE REJETS A RECYCLER

#### 2.1. - L'importance de la demande

C'est grâce à la demande en rejets que l'on arrive à faire disparaître ceux-ci : si, pour le métallium, la demande de rejets est supérieure à l'offre, on pourra développer la collecte de façon à faire face à la demande, et éviter ainsi que des rejets aillent en décharge ou soient incinérés.

#### 2.2. - La précision des renseignements

Il est cette fois assez facile de connaître la demande : celle-ci s'obtient en multipliant la production par le taux de réincorporation maximal, que, généralement, l'on connaît, pour chaque procédé, - soit par la profession, directement,

- soit par l'examen de considérations techniques (par exemple la quantité de ferrailles incorporée dans l'acier est calculée en fonction de la nécessité d'obtenir une température idéale pour la conversion ; voir § 2.4.4., p. 27),

- soit par les chroniques du taux sur une période où les conditions économiques ont varié : le taux le plus élevé pourra convenir comme taux maximal de réincorporation.

Pour quelques professions cependant, il est impossible d'obtenir quelque renseignement que ce soit : les procédés sont secrets, les statistiques inexistantes ou rares, les professionnels muets. Craignent-ils de tomber sous le coup des critiques ? La comparaison avec les pays étrangers fournit dans ce cas des renseignements moins sûrs, mais qui donnent déjà une bonne approximation.

#### 2.3. - La prévision

Il est assez facile de prévoir l'avenir de la demande : on a l'habitude de prévoir avec une bonne précision la production (commissions du plan, etc.). On peut de plus supposer, pour chaque procédé, la constance sur d'assez longues périodes (10 à 15 ans) des taux de réincorporation (*cf.* § suivant pour les ferrailles).

Les changements ne proviennent donc que de la disparition de procédés anciens (ou de leur transformation) et de la mise en service de procédés nouveaux.

#### 2.4. - La demande en ferrailles

##### 2.4.1. - L'origine de la demande

Les ferrailles étaient autrefois utilisées dans les hauts-fourneaux et dans les aciéries. Les maximas des coefficients moyens annuels pour les procédés actuels sont :

- hauts-fourneaux      80‰
- aciéries              376‰.

On constate actuellement

- la disparition de l'emploi des ferrailles dans les hauts-fourneaux, car celles-ci conviennent mal au chargement automatique, et à l'exigence d'une bonne répartition de la charge dans le haut-fourneau ;

- la constance à quelques pour cent près des ferrailles utilisées dans les aciéries :

Tableau 13

Source : (|2|)

Année	1955	1960	1965	1969
Mise au mille de ferraille utilisée dans l'acier :				
France	322	331	325	317
CECA	369	370	376	367
U.S.A.	464	458	456	463

- l'arrivée des "mini-usines", produisant des fers et aciers de qualité peu élevée (ronds à bétons, etc.), à partir de ferrailles seules (ultérieurement d'éponges de fer préréduit). Il semble encore difficile de prévoir quelle part d'acier pourra être produite par ces mini-aciéries. La Grande-Bretagne prévoit 25% en 1980. Cela dépend en fait de la structure de la consommation d'acier, part des produits plats, de produits longs, de l'acier moulé, etc.).

#### 2.4.2. - Le montant de la demande potentielle

A partir de ces coefficients et des valeurs prévues par le 6e plan pour la production d'acier en 1975 (|6|) on peut prévoir la demande en ferraille (tableau 14).

Rappelons qu'il s'agit d'un maximum technique.

Tableau 14

Production d'acier brut maximale en 1975		Coefficient d'emploi des ferrailles (%)	Quantité de ferraille utilisée (10 <sup>3</sup> t)
Procédé	(10 <sup>6</sup> t)		
Thomas	6,4	100	640
CBM-LWS	2,7	300	810
Oxygène	19,5	300	5850
Martin	2,4	750	1800
Electrique et mini-aciéries	4,6	1000	4600
<i>Total</i>	<i>35,6</i>	<i>380</i> <i>(moyenne)</i>	<i>13700</i>

(Source |6|) (Source ISIS |1|)

#### 2.4.3. - La demande étrangère

La demande de ferraille à l'exportation est actuellement très importante.

Les principaux acheteurs sont :

- dans la CECA, l'Italie (2,4 Mio t),
- en dehors de la CECA, lorsque les exportations sont libérées (en fonction des niveaux de l'offre et de la demande et des pressions politiques, la CECA ouvre ou ferme périodiquement ses frontières aux ferrailles) : le Japon, la Chine, l'Espagne.

On doit se demander si une telle demande est réellement avantageuse :

- a) - l'exportation de déchets favorise la balance des paiements,
  - mais la valeur ajoutée des déchets étant moindre que celle de l'acier, la balance serait davantage améliorée par l'exportation de l'acier ;
- b) - l'exportation permet de régulariser le commerce intérieur,
  - mais la fabrication d'acier permettrait la création d'emplois français.

#### 2.4.4. - La demande réelle

Elle est inférieure à la demande potentielle, pour des raisons économiques.

En fait la valeur du coefficient d'emploi de la ferraille s'explique par plusieurs raisons :

- les premières, secondaires, rendent surtout ce coefficient fixe à court terme :

- la capacité des installations de stockage et d'enfournement,
- l'insuffisance des moyens pour mesurer la composition des ferrailles, et donc bien les employer ;

- les secondes, plus importantes, sont liées aux conditions actuelles de production d'acier :

- la nécessité d'écouler la production de fonte du haut-fourneau (cela coûte en effet très cher de faire fonctionner un haut-fourneau moderne autrement qu'à pleine capacité et il est difficile d'écouler un excédent de fonte à l'extérieur),

- la contrainte d'équilibre thermique de la charge : la fonte liquide introduite dans le convertisseur est trop chaude pour une bonne élaboration de l'acier. On la refroidit donc par les ferrailles, introduites à température ordinaire. Ce problème, fondamental en temps normal, est la cause principale de la fixation de la mise au mille de ferraille autour de 600 kg, par exemple, pour les fours Martin ;

- les troisièmes sont d'ordre conjoncturel :

- en période de mauvaise conjoncture, on remplace les ferrailles par de la fonte froide, ce qui permet de tourner la contrainte thermique : on n'utilise alors que les ferrailles internes ;

- en période de très bonne conjoncture, on ne peut augmenter la quantité de fonte : les hauts-fourneaux fonctionnent toujours à pleine capacité (la marge est inférieure à 10%) et on ne peut importer que peu de fonte (la conjoncture est mondiale). On augmente donc la part des ferrailles, parfois sans s'arrêter aux limites qu'imposerait la contrainte thermique : on chauffe le convertisseur plus longtemps (même aux dépens du rendement - ou parfois, et c'est la limite, de la qualité de l'acier) ou on préchauffe les ferrailles.

## 2.5. - La demande de vieux papiers

### 2.5.1. - L'origine de la demande

La demande s'obtient, ici encore, en multipliant la production prévue par le coefficient d'emploi de vieux papiers. Il est difficile cependant de prévoir l'avenir car pâte et vieux papiers sont beaucoup plus substituables que fonte et ferraille :

- il n'y a pas de contrainte d'écoulement de la pâte,
- il n'y a pas de contrainte thermique ou technique : on peut faire du papier sans pâte (à l'origine il était fait à partir de chiffons) ou composé uniquement de pâte.

De plus les prévisions sur la production sont moins précises (car moins nécessaires) que dans le cas de la sidérurgie.

Enfin le terme papier recouvre une grande catégorie de produits extrêmement divers.

### 2.5.2. - Le montant de la demande

On peut, en négligeant les sortes rares, classer les papiers en 8 catégories. Le tableau 15 ci-après donne, pour ces 8 catégories, la production française en 1971 et les taux techniques maxima d'utilisation de vieux papiers.

Tableau 15

Sorte	Production 1971 (10 <sup>3</sup> t)	Coeff. technique maximum (%)	Marché des vieux papiers (10 <sup>3</sup> t)
Ondulé	1050	100	1050
Kraft	340	10	34
Autres emballages	230	75	170
Journal	380	100 <sup>(1)</sup>	380
Autres d'imprimerie et à usage gra- phique	1440	100 <sup>(2)</sup>	1440
Cartons	540	100	540
Industriels et spéciaux	145	15	22
Domestiques et sanitaires	90	60	54
<i>Total</i>	<i>4215</i>	<i>87<sup>(3)</sup></i>	<i>3690</i>

- (1) par désencrage (*source : statistiques professionnelles*) (*source |1|*)  
(2) rognures blanches, sortes nobles de vieux papiers à pâte non mécanique  
(3) moyenne

### 2.5.3. - La demande étrangère

Elle est très faible : le papier, et plus encore les vieux papiers, ont une valeur massique faible ; ils ne peuvent donc que difficilement supporter le transport. La demande externe est donc peu élevée et localisée aux zones proches des frontières.

### 2.5.4. - La demande pour réutilisation

De nombreux produits peuvent également être fabriqués à partir de vieux papiers (panneaux genre panneaux de particules, papier mâché, carton bouilli, etc.).

Actuellement de tels procédés sont peu utilisés ; la demande de vieux papiers est donc faible. Par contre elle peut devenir importante dans un avenir proche : une seule usine de production de panneaux consomme 18 000 tonnes par an de vieux papiers.

### 2.5.5. - La demande par catégories

Comme pour les papiers, le terme "vieux papiers" s'applique à une grande variété de produits, assez différents les uns des autres. Cela va du papier kraft pure fibre au papier goudronné, ou plastifié ("Tétrapak" du lait).

Les chiffres donnés ci-dessus sont donc trop agrégés pour qu'il soit possible de prévoir exactement quelle serait l'influence de telle ou telle mesure.

### 2.5.6. - La demande à très court terme

Elle découle des capacités d'absorption des usines existantes. Une étude (|9|) a permis d'obtenir ses valeurs pour 1968. Elles sont données au tableau 16 (par produit fabriqué) :

Tableau 16  
Source (|3|) (1968)

Type de vieux papier	Quantité utilisée pour produire (10 <sup>3</sup> t)			Total
	Cartons	Papiers ondulés	Autres	
Gros de magasin	185	90	25	300
Paille-ondulé	15	410	15	440
Journaux, livres	80	30	65	175
Kraft, cartes	30	30	45	105
Rognures écrits	30	0	73	103
Divers	20	40	10	70
<i>Total</i>	<i>360</i>	<i>600</i>	<i>233</i>	<i>1193</i>

### 2.6. - La demande en métaux non-ferreux

#### 2.6.1. - L'origine de la demande

Les déchets de métaux non-ferreux peuvent être :

- soit affinés, puis coulés en lingots pour transformation ultérieure,
- soit fondus à la place ou en même temps que des lingots de métal vierge, dans des fonderies (fabrication de produits semi-finis) ou des fabriques de demi-produits,
- soit convertis en produits chimiques.

### 2.6.2. - L'imprécision de la demande

Il est difficile de donner des coefficients techniques suffisamment précis pour prédire quelle quantité maximale de déchets peut être utilisée dans les deux premiers circuits : il est en effet quasiment indifférent d'utiliser du métal vierge ou des déchets dans l'affinage ou la fonderie.

Par exemple, pour le cuivre, l'utilisation de déchets provoque lors de la fonte une "perte au feu" (environ 4%), et la présence de "crasses" à la surface du métal où se concentrent les impuretés. Il n'existe pratiquement pas d'impureté interdisant le recyclage (si la teneur en cuivre est supérieure à 95%) ou la réutilisation dans des bronzes ou laitons (autrement). La différence n'est d'ailleurs faite que pour des raisons économiques.

L'industrie chimique, elle, consomme uniquement des déchets dans la plupart des cas.

### 2.6.3. - La demande à court terme

On peut cependant évaluer la demande à court terme, c'est-à-dire la demande par les usines existantes. Les coefficients d'absorption sont indiqués au tableau 17 (source [4]). Il faut remarquer qu'il s'agit là :

- de coefficients d'absorption réels (les coefficients maximaux sont donc supérieurs),
- de coefficients "externes", c'est-à-dire que les tonnages recyclés dans l'usine ne sont pas pris en compte.

Tableau 17

Circuit d'absorption	Coefficient d'absorption			
	Cuivre <sup>(1)</sup>	Alumi- nium	Plomb	Zinc
Affinage	100	100	100	100
Fonderie	40	3	28	15
Demi-produits	19	6	5	22
Chimie	100	0 <sup>(2)</sup>	0 <sup>(3)</sup>	?

- (1) y compris bronze, laitons, etc.
- (2) les produits chimiques sont faits à partir d'alumine
- (3) les produits chimiques sont faits à partir de blende.

#### 2.6.4. - La demande étrangère

Elle a été peu étudiée. Ses variations, et plus encore ses causes nous sont inconnues. Les valeurs pour 1971 sont données au tableau 18 (Source |4|) :

Tableau 18

<i>Métal</i>	<i>Cu</i>	<i>Al</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
Solde du commerce extérieur (10 <sup>3</sup> t) (1)(2)	31,2	10,3	3,9	- 18,8

(1) en tonnes de métal contenu

(2) + si la France est globalement exportatrice.

#### 2.7. - Conclusion

Comme l'offre, la demande est souvent mal connue. Il faut de plus distinguer demande techniquement possible, à plus ou moins long terme, et économiquement acceptable ou réelle.

Pour connaître la demande à court terme, une étude plus poussée devrait être faite auprès de chaque fabricant, et préciser :

- quels types de déchets il peut absorber (nature, impuretés à éviter, etc.),

- quel pourcentage de sa production il peut consommer en déchets (éventuellement le fabricant donnera des fourchettes) ; il précisera également les raisons de ces pourcentages (en particulier économiques),

- quelle fourchette de prix il peut tolérer pour ses déchets.

Pour connaître la demande à moyen terme, il suffit d'étendre cette enquête à ceux qui pensent investir bientôt.

La demande à long terme enfin est difficile à prévoir. Elle dépendra, en fait, énormément des actions que pourra prendre l'Etat ; c'est d'ailleurs là que se situe un des points d'application possible pour une action.

### Chapitre III

#### LES CIRCUITS DE MISE EN RELATION

#### DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE

3.1. - Nous étudierons dans ce chapitre les circuits de récupération actuels et en particulier :

- le volume de rejets déjà récupéré, ce qui permettra, par comparaison avec l'offre et la demande potentielle, d'évaluer les performances françaises,

- les unités économiques présentes dans ces circuits, et si possible, leur comportement et leurs intentions,

- les mécanismes de formation des prix, qui conditionnent la rentabilité des opérations pour les opérateurs.

#### 3.2. - Le volume actuellement recyclé

Diverses études, et les statistiques publiées régulièrement, permettent de se faire une idée assez précise des quantités de rejets actuellement recyclées.

##### 3.2.1. - La récupération dans les ordures ménagères

Elle n'a lieu qu'exceptionnellement en dehors du compostage qui est une forme de réutilisation :

3.2.1.1. - En France, environ 80 usines de compostage traitent au total approximativement 1 Mio t de résidus urbains, ou 10% de ce qui est collecté.

Les coûts moyens de construction et d'exploitation figurent au tableau 19.

Tableau 19  
(Source : BETURE)

Taille (capacité en t/j)	50	100	150	200	300
Coût (Mio F) (fermentation lente)	2	4,2	6,2	7,8	10,2
Coût (Mio F) (fermentation accélérée)	2,8	5,5	8	9,8	12,7
Coût de (F/t) fonctionnement (hors recettes) :					
lente	39,6	37	34	31	27,6
accélérée	42,0	39	37	35	31,4

Elles ont produit environ 600 000 t de compost sur lesquelles 380 000 t ont été vendues, à un prix départ variant de 10 à 20 F/t (soit un CA de la branche d'environ 5,7 Mio F au prix moyen de 15 F/t).

3.2.1.2. - Quelques usines d'incinération récupèrent les ferrailles avant ou après incinération par magnétisme, ou bien vendent leurs mâchefers pour la construction routière, ou bien produisent de la vapeur et éventuellement de l'électricité.

Les quantités ainsi récupérées peuvent être évaluées à :

- ferrailles : 45 000 tonnes,
- mâchefers : 400 000 tonnes,
- vapeur produite : 3 400 000 tonnes (15b, 350°C environ)

source : calculée à partir de l'enquête AGHTM.

- Quelques expériences de tri manuel existent déjà - ou encore (le verre à Tours, les papiers à Bordeaux). Les quantités ainsi récupérées sont négligeables.

### 3.2.2. - La récupération industrielle

#### 3.2.2.1. - *Les papiers*

##### 3.2.2.1.1. - Récupération "obligatoire"

On appelle ainsi, rappelons-le, la partie de la récupération des papiers qui est toujours rentable, quelles que soient les variations (raisonnables) du cours : elle porte sur des sortes nobles de vieux papiers, sans impuretés, et facilement transformables en pâtes (76% de la récupération en 1968).

Les sources et leur importance sont indiquées au tableau ci-après :

Tableau 20  
(Source |7|) (1968)

	Tonnage (10 <sup>3</sup> t)	(%)
Invendus de presse	175	19
Imprimeries	250	28
Magasins	200	22
Services	210	24
Industrie papetière (dans l'usine)	60	7
<i>Total</i>	895	100

#### 3.2.2.1.2. - Récupération facultative

Elle s'oppose à la précédente et n'est donc faite que pendant les périodes où les cours sont élevés. Elle est donnée, pour 1968, au tableau 21

Tableau 21

Agent producteur	Tonnage récupéré (10 <sup>3</sup> t)
Industrie et com- merces divers	265
Ménages	1

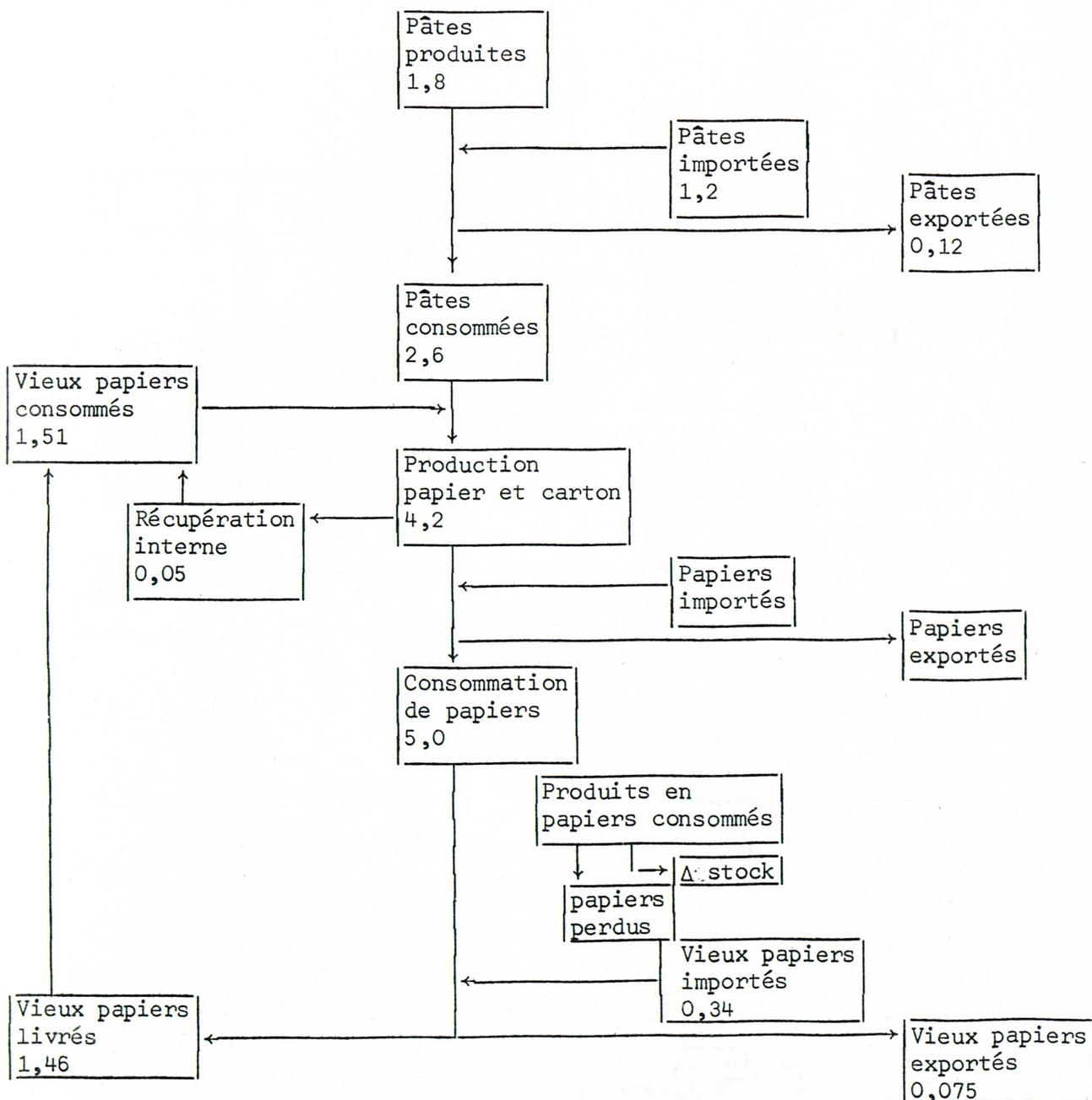
Ces sources sont mieux détaillées au § 3.3.1.1..

#### 3.2.2.1.3. - Circuits de récupération

Le bilan massique des transformations qui ont lieu dans l'industrie papetière est indiquée au schéma 22.

Schéma 22

Source [7]



Note : Les soldes sont obtenus par mouvements des stocks.

3.2.2.2. - Les ferrailles

3.2.2.2.1. - Les sources de ferrailles

Les déchets de fer viennent principalement des usines, qui sont de plus en plus intégrées, géographiquement et statutairement. On désigne les déchets récupérés ainsi par le terme "chutes propres".

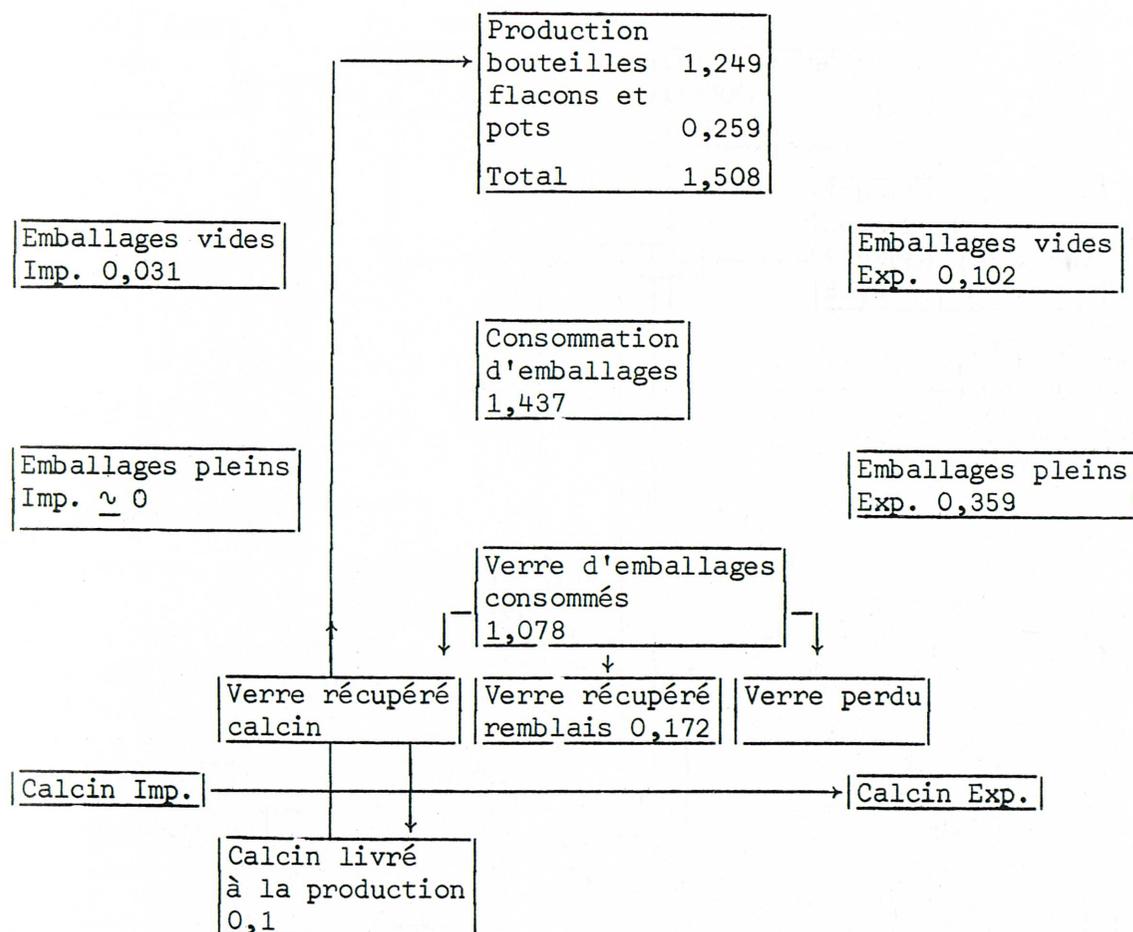
Les débris de fer viennent des usines ("Récupération en usine") ou sont collectés par les circuits du négoce.



### 3.2.2.3. - Le verre d'emballage

Le bilan massique des transformations qui ont lieu dans l'industrie verrière est indiqué au schéma 24.

Schéma 24



Source - Association Progrès et Environnement.

### 3.2.2.4. - Les métaux non-ferreux

Les schémas 25 à 28 donnent les bilans des transformations effectuées dans l'industrie du cuivre (et alliages : laitons, bronze, etc.), de l'aluminium, du zinc et du plomb (Source [4], complétée par enquêtes directes).

Pour dresser ces bilans on n'a tenu compte que de ce qui sortait d'au moins une usine. La récupération interne à chaque usine n'est donc pas évaluée. Elle est représentée par le symbole :



Schéma 25

Circuits de récupération du cuivre  
(chiffres 1971, en milliers de t de  
cuivre contenu)

Sources : |4|, |10|

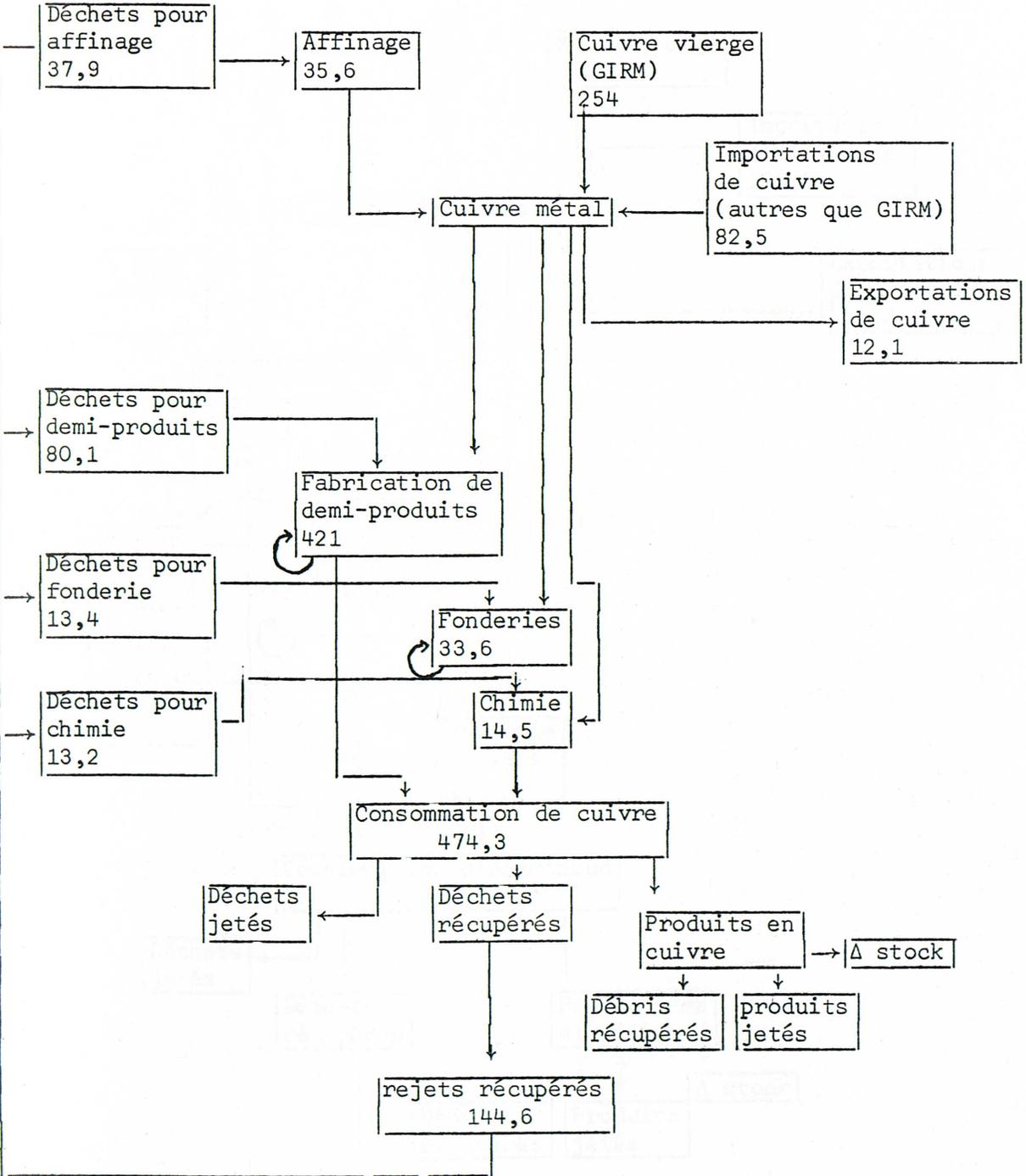


Schéma 26

Circuits de récupération de l'Aluminium  
(chiffres 1971, en milliers de tonnes  
d'Al contenu)

Sources : |4| |10|

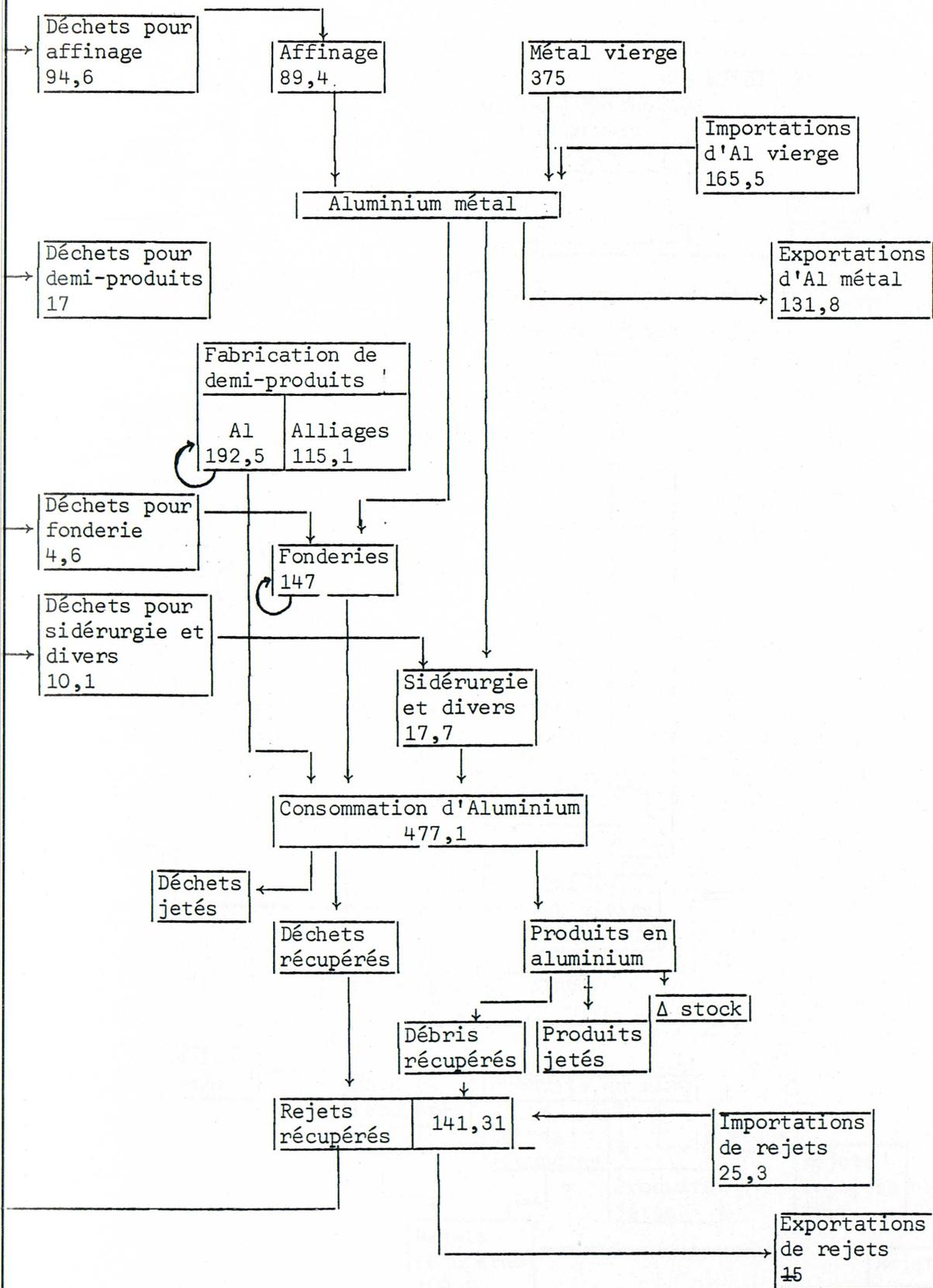


Schéma 27

Circuits de récupération du zinc  
(chiffres 1971, en milliers de tonnes de Zn contenu)

Sources : |4| |10|

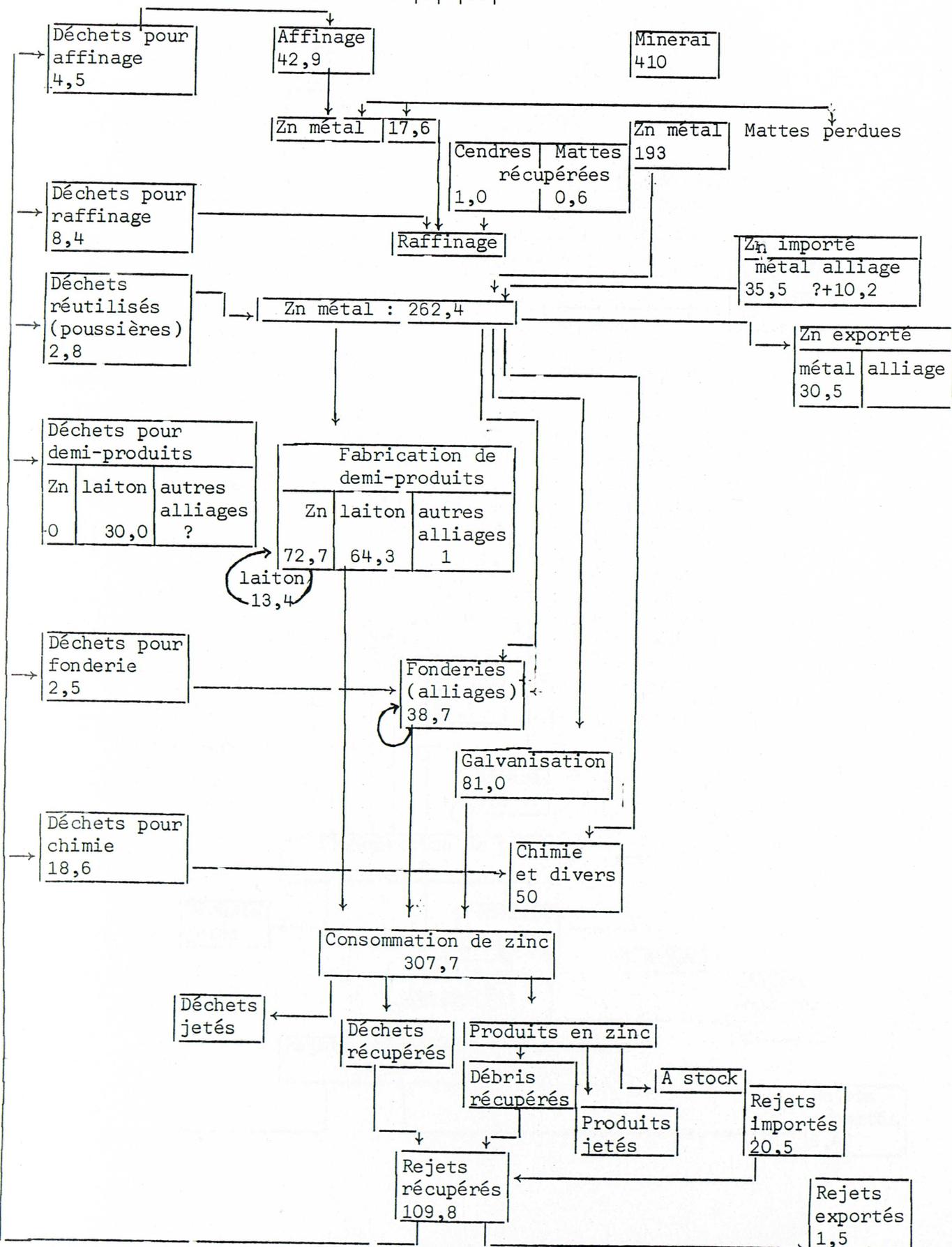
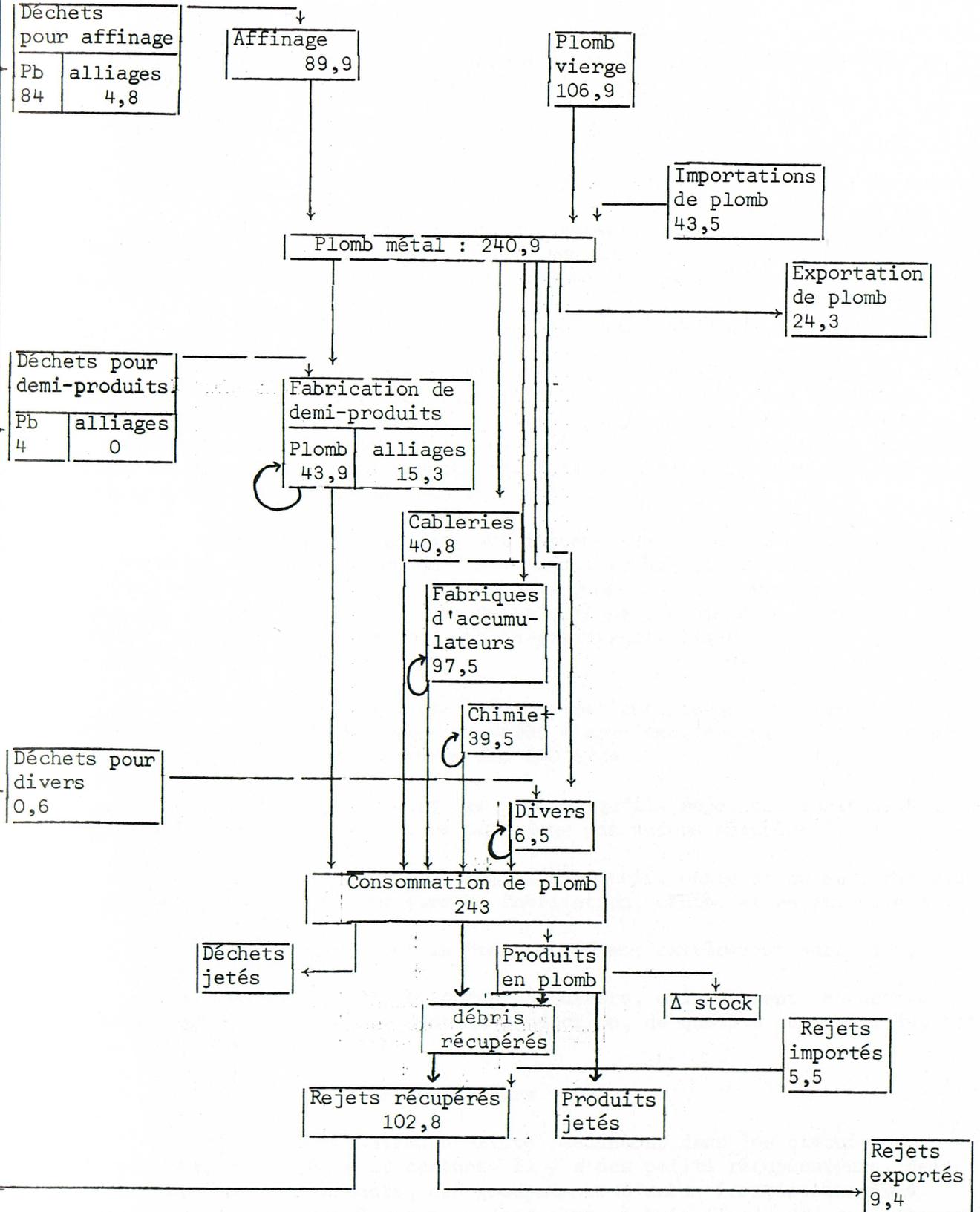


Schéma 28

Circuits de récupération du plomb  
(chiffres 1971, en milliers de tonnes de Pb contenu)  
Sources : |4| |10|



### 3.3. - Structure des circuits de récupération

Nous étudierons ici comment les rejets parviennent des producteurs aux consommateurs, et, autant que possible, quels sont les tonnages traités par chaque élément du circuit.

#### 3.3.1. - Les papiers

(Les renseignements indiqués ci-après sont extraits de |3|, et complétés par des enquêtes personnelles).

##### 3.3.1.1. - *Les producteurs*

On peut distinguer 8 types de producteurs :

- les éditeurs de presse, qui voient leurs invendus retournés ("bouillon") : papier de bonne qualité, ressource assez régulière, position de force des producteurs en sont les caractéristiques.

En 1968, 175 000 tonnes ont été produites ainsi

- les imprimeurs et transformateurs de papiers-cartons, qui ont des chutes (marges, etc.), des inutilisables (bobineaux), des résultats d'erreurs (biftecks). Variété des qualités de papiers, généralement bonnes, dispersion des usines productrices (à part la région parisienne et les imprimeries de presse) sont les caractéristiques de cette ressource que l'on peut évaluer à 250 000 tonnes en 1968 ;

- les grands magasins, qui jettent les cartons d'emballage qui ont servi au transport de ce qu'ils vendent. Faible qualité des cartons (souvent mélangés à autre chose), rapides changements dans cette industrie (remplacement partiel des cartons par des plastiques, croissance du volume d'affaires), dispersion des centres les caractérisent. Ils ont produit 200 000 t en 1968, 230 000 t en 1971 ;

- les grands services (administrations, banques, sièges sociaux, etc.), qui produisent, par mise au rebut d'archives, brouillons, trop-photocopiées, papiers périmés, environ 250 000 t/an ;

- les ménages : mais les papiers qu'ils rejettent apparaissent dans les ordures ménagères et ne sont donc pas encore récupérés ;

- l'industrie papetière ; elle produit, outre ce qu'elle recycle elle-même, 80 000 t/an d'erreurs de fabrication, chutes et rejets divers ;

- l'étranger, dont la "ressource" est extrêmement variable ;

- les industries et commerces divers, qui groupent les autres producteurs, très atomisés, dont la production, de qualité variable, fut voisine de 265 000 t/an en 1968.

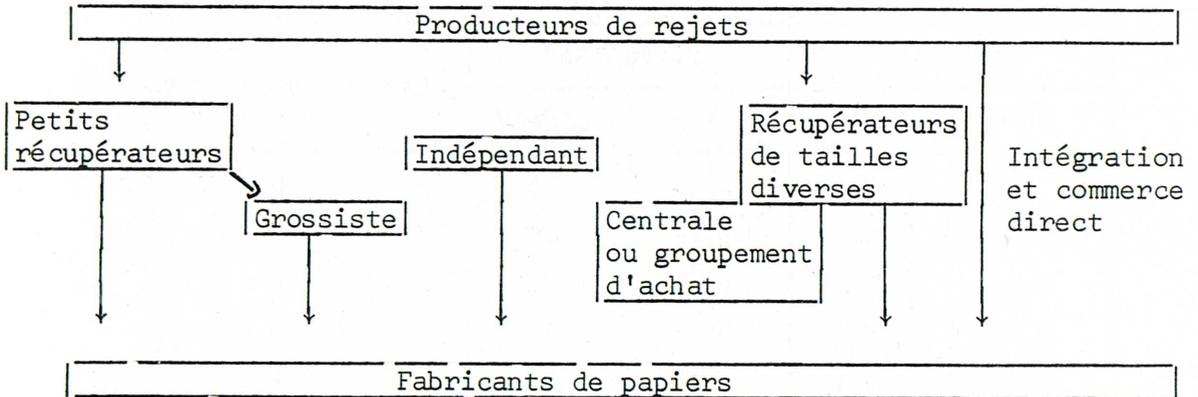
##### 3.3.1.2. - *Les récupérateurs*

Aucune organisation n'existe réellement dans les circuits de récupération des papiers et cartons. Il y a des petits récupérateurs, des grossistes, des indépendants, des groupements d'achat (commissionnaires organisant des contrats à moyen ou long terme à prix fixe), des centrales

d'achat (courtiers) ; chacun est en compétition avec les autres, tant pour l'achat aux producteurs de rejets que pour la vente aux fabricants.

On rencontre donc les circuits suivants

Schéma 29



certains petits récupérateurs n'ont de plus qu'une activité saisonnière : lorsque les cours sont élevés ils cherchent des vieux papiers ; lorsqu'ils sont bas ils font autre chose.

Aucun n'a une taille suffisante pour prévoir le fonctionnement du marché, ou pour y être leader, et définir des souhaits.

Le syndicat (Syndicat National des Industries et Commerces de la Récupérations de Vieux Papiers) n'est que peu représentatif : les cotisations sont trop élevées pour les petits récupérateurs, (0 ou 1 salarié) ; quelques grosses entreprises n'y adhèrent pas (les Etablissements Soulié, qui récupèrent 30% du papier en France, n'en font pas partie). Cela résulte peut-être de querelles de personne, mais surtout de l'histoire, de la pression des papetiers, et d'une rétroaction positive : le syndicat n'est pas représentatif ; il est donc peu puissant, et n'attire que peu de gens de valeur ; ceux-ci ne sont pas suffisamment dynamiques pour prendre des positions fermes et donc n'attirent pas de nouveaux adhérents...).

Les tableaux 30 et 31 montrent l'atomisation et la variété des tailles des entreprises de récupération.

Tableau 30

Répartition des entreprises selon le nombre de salariés (le chef d'entreprise n'est pas un salarié)

Source : |3|

Nombre de salariés	Entreprises		Salariés	
	Nombre	%	Nombre	%
0	50	22,0	0	0
1	33	14,5	33	2,0
2	20	8,5	40	2,4
3 à 5	51	22,0	204	12,6
5 à 10	28	12,0	212	13,0
10 à 20	27	12,0	428	27,0
plus de 20	21	9,0	683	43,0
<i>Total</i>	<i>230</i>	<i>100,0</i>	<i>1600</i>	<i>100,0</i>

Tableau 31

Répartition des entreprises selon le tonnage traité

Source : |3|

Tonnage traité (10 <sup>3</sup> t)	Entreprises		Tonnages	
	Nombre	%	(t)	%
moins de 5	192	83,5	255	23,0
5 à 10	16	7,0	80	7,2
10 à 15	6	2,6	65	5,0
15 à 30	8	3,5	160	14,5
30 à 50	4	1,7	150	13,3
plus de 50	4	1,7	400	36,2
<i>Total</i>	<i>230</i>	<i>100,0</i>	<i>1110</i>	<i>100,0</i>

### 3.3.2. - Les métaux ferreux et non-ferreux

#### 3.3.2.1. - *Les sources*

Les déchets proviennent des différents fabricants de produits de première ou de seconde transformation (chutes, ratés, etc.).

Les sources de débris sont très diverses. Citons en particulier :

- les chantiers de démolition (vieux matériels, avions (Al), bateaux, matériels électriques, électroménager (Cu)),
- les incinérateurs (cf. § 3.1),
- les ménages (débarras de greniers ou caves),
- les usines (vieilles machines, ateliers fermés, faillites),
- les Domaines et grandes administrations.

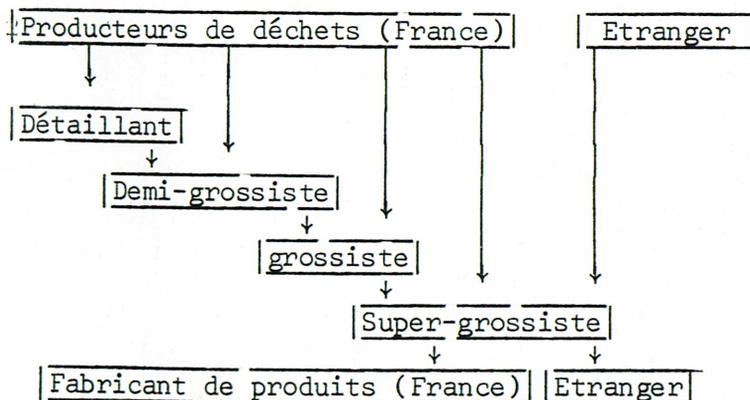
#### 3.3.2.2. - *Les récupérateurs*

On peut les classer en quatre catégories :

- le petit ramasseur, ou détaillant, qui collecte (et parfois revend directement à des particuliers ; ceux-ci réparent, ou réemploient les produits),
- le demi-grossiste,
- le grossiste,
- le super-grossiste.

Leurs rôles sont indiqués au § 3.4.2.1., et leur position dans les circuits au schéma 32.

Schéma 32



#### 3.3.2.3. - *Les autres intermédiaires*

Nous ne ferons ici que les citer :

- les démolisseurs, qui séparent les divers constituants des vieux objets et les revendent aux différents opérateurs (ferrailleurs,

récupérateurs de non-ferreux, de bois, cuir, etc.),

- les courtiers, qui, moyennant une commission, mettent en rapport un acheteur et un vendeur de déchets.

#### 3.3.2.4. - *L'activité des circuits*

Une enquête auprès des professionnels a permis de connaître, mais seulement partiellement, les tonnages qui passent par ces circuits.

Ceux-ci sont donnés aux schémas :

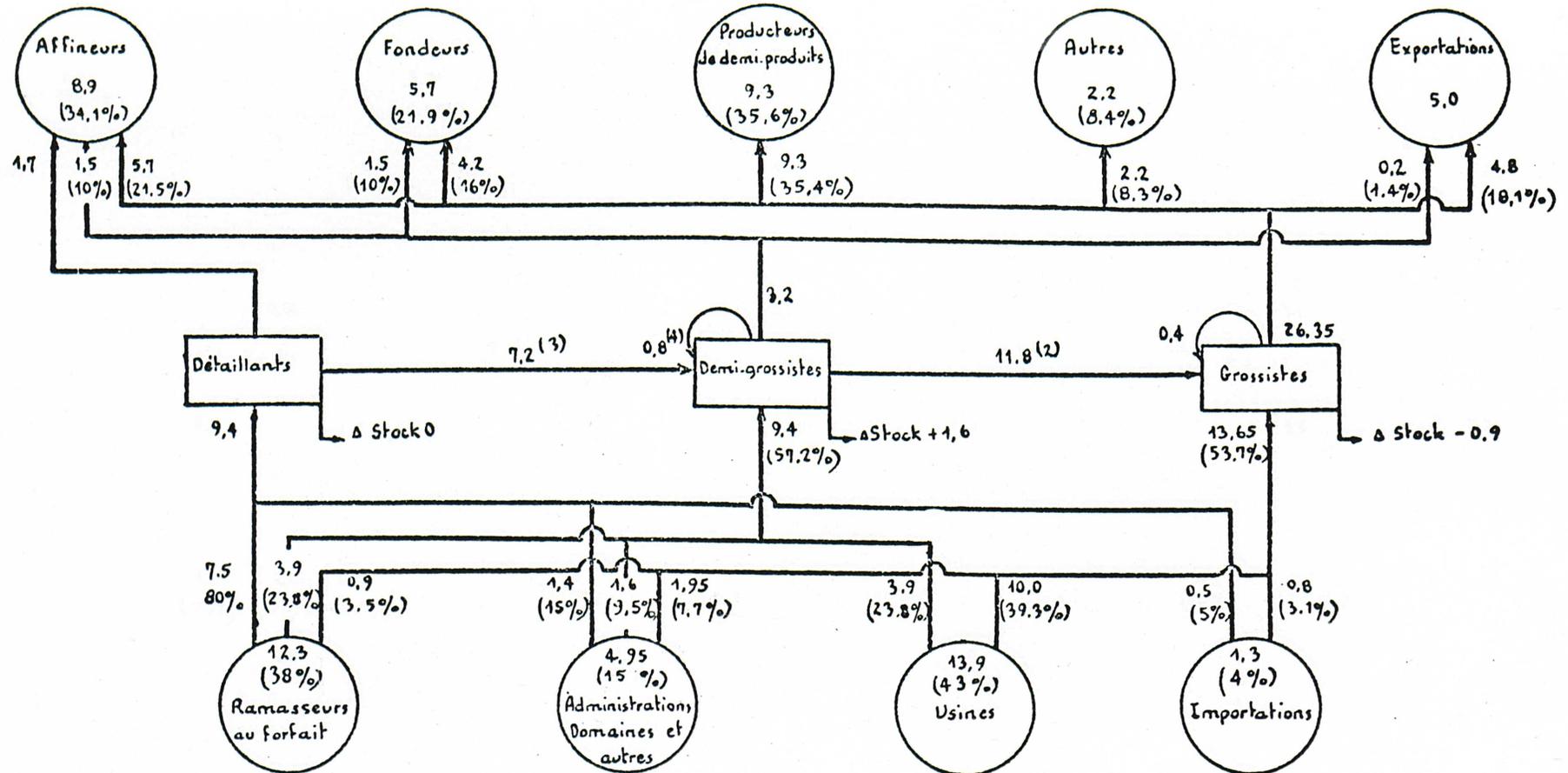
33	pour le cuivre
34	pour le laiton
35	pour le bronze
36	pour l'aluminium
37	pour le zinc
38	pour le plomb.

Là encore une étude plus systématique, qui nécessiterait d'ailleurs peut-être de soumettre à statistique obligatoire tous les postes concernés (sauf peut-être les petits ramasseurs) devrait être entreprise.

L'activité des circuits de récupération du fer est peu connue.

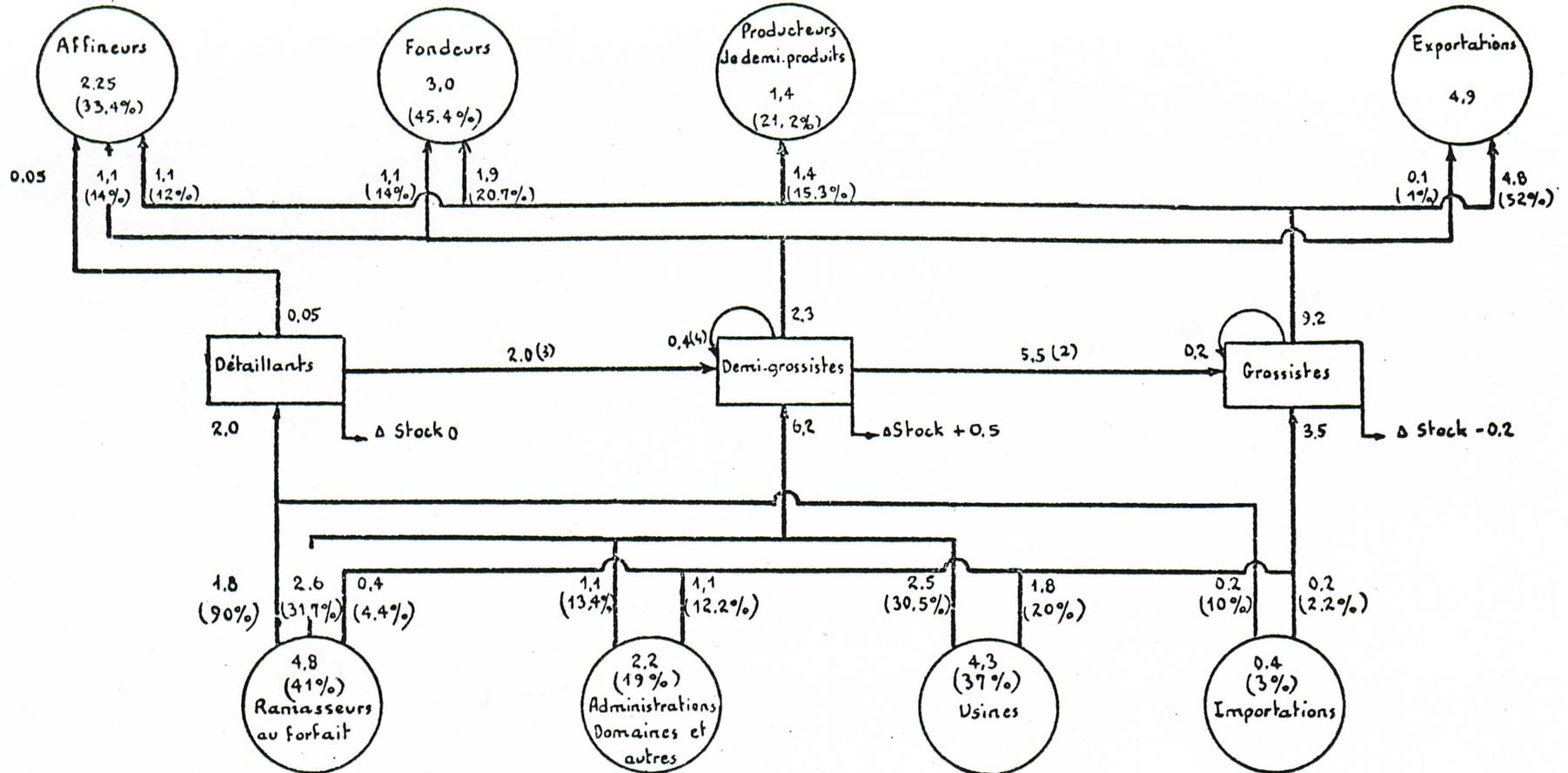
Ceux-ci groupent 1400 entreprises, qui emploient 10 000 personnes, et ont un chiffre d'affaires total de 1,3 Mrd F (1971).

SCHEMA 33 : ENQUETE (I) SUR LES DECHETS DE CUIVRE DU NEGOCE



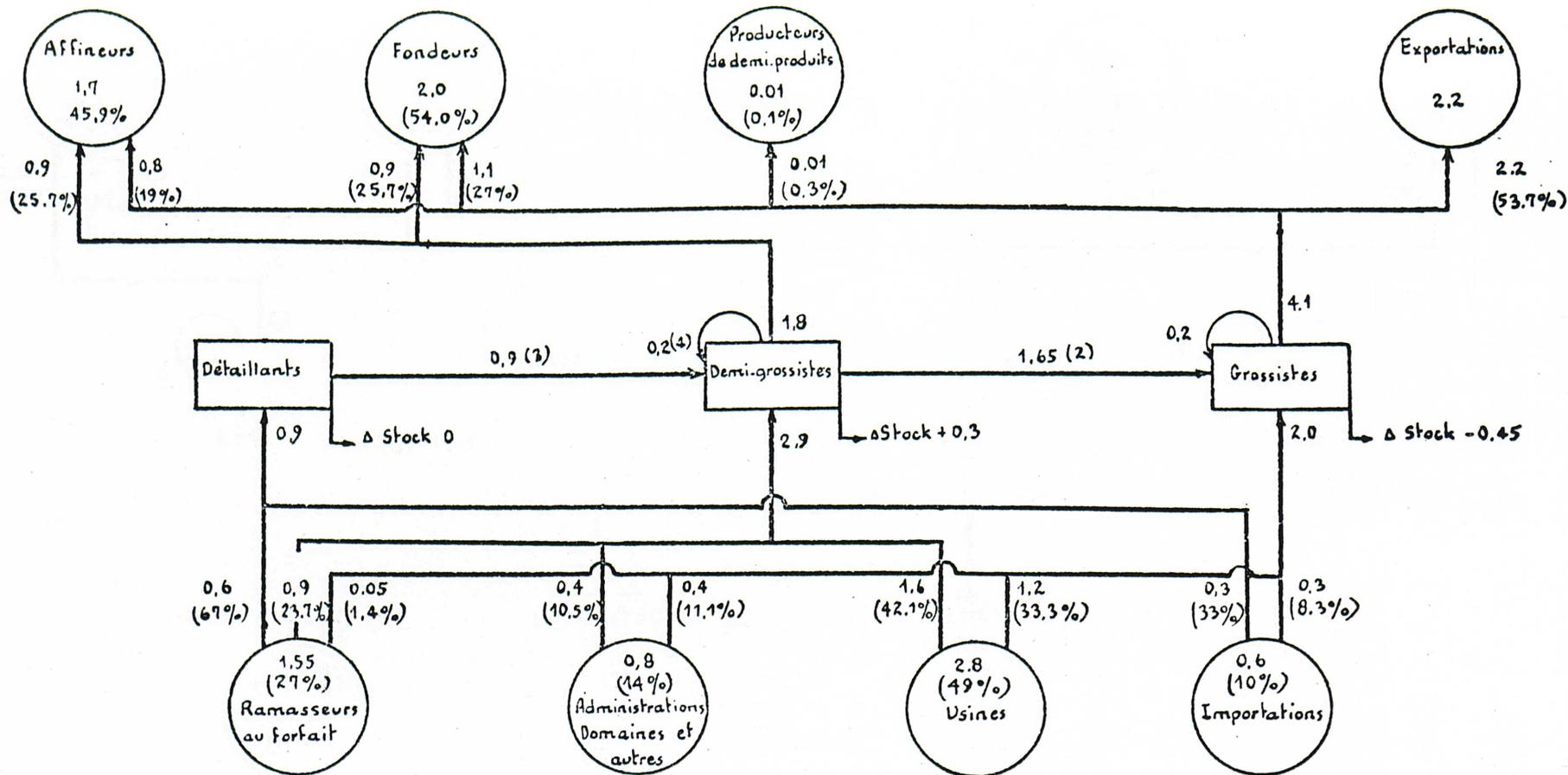
- (1) Enquête portant sur 26.1. 10<sup>3</sup> tonnes (non compris export) vendus, 32.4. 10<sup>3</sup> tonnes achetées. Taux de représentativité relatif de 51%  
 Extrapolé au niveau des négociants demi-grossistes (à partir des résultats bruts de l'enquête sur les grossistes) et des détaillants (à partir des résultats précédents sur les demi-grossistes)
- (2) Avec un taux de représentativité relatif: enquête demi-gros par rapport à enquête grossistes de: 12.7%
- (3) Avec un taux de représentativité relatif: enquête détaillants par rapport à enquête demi-gros de: 6.4%
- (4) Hypothèse de taux de recyclage: 5%
- En milliers de tonnes. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'approvisionnement total ou aux ventes totales des détaillants, demi-grossistes et grossistes

SCHEMA 34 : ENQUETE (I) SUR LES DECHETS DE LAITON DU NEGOCE



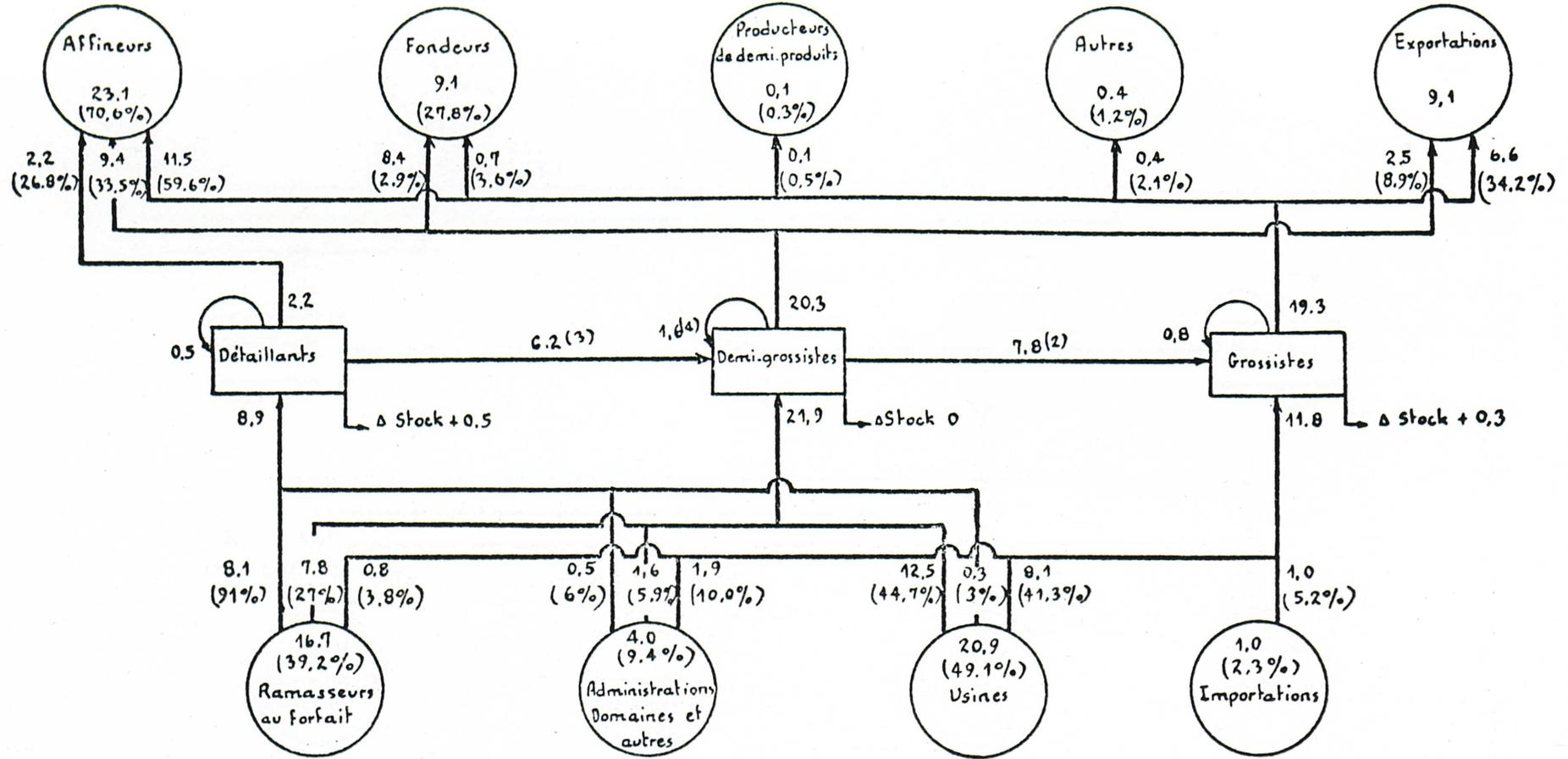
- (1) Extrapolée au niveau des négociants demi-grossistes (à partir des résultats bruts de l'enquête sur les grossistes) et des détaillants à partir des résultats précédents sur les demi-gros. Enquête portant sur  $6,6 \cdot 10^3$  tonnes (non compris export) vendus,  $11,7 \cdot 10^3$  tonnes achetés. Taux de représentativité relatif de 19%.
- (2) Avec un taux de représentativité relatif: enquête demi-gros par rapport à enquête grossistes de: 9,3%
- (3) Avec un taux de représentativité relatif: enquête détaillants par rapport à enquête demi-gros de: 16,2%
- (4) Hypothèse de taux de recyclage: 5%
- En milliers de tonnes. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'approvisionnement total ou aux ventes-totales des détaillants, demi-grossistes et grossistes

SCHEMA 35 : ENQUETE (I) SUR LES DECHETS DE BRONZE DU NEGOCE

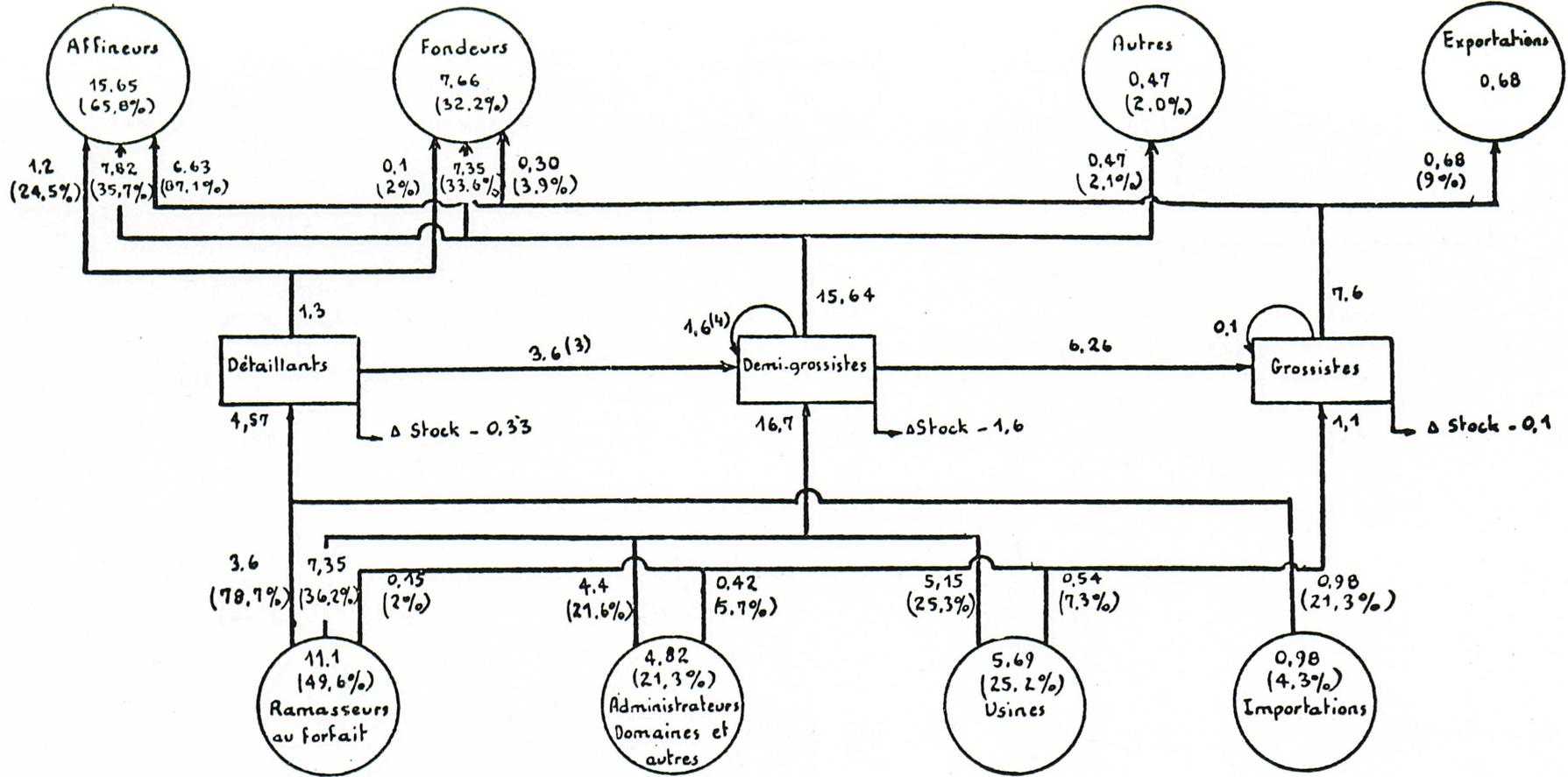


- (1) Extrapolé au niveau des négociants Demi-grossistes (à partir des résultats bruts de l'enquête sur les grossistes) et des détaillants (à partir des résultats précédents sur les demi-grossistes)  
Enquête portant sur  $3,7 \cdot 10^3$  tonnes (non compris export) vendus,  $5,7 \cdot 10^3$  tonnes achetés, Taux de représentativité relatif de 18%
  - (2) Avec un taux de représentativité relatif: enquête demi-gros par rapport à enquête grossistes de: 9,1%
  - (3) Avec un taux de représentativité relatif: enquête détaillants par rapport à enquête demi-gros de: 33,3%
  - (4) Hypothèse de taux de recyclage: 5%
- En milliers de tonnes. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'approvisionnement total ou aux ventes totales des détaillants, demi-grossistes et grossistes

SCHEMA 36 : ENQUETE (I) SUR LES DECHETS DE L'ALUMINIUM DU NEGOCE

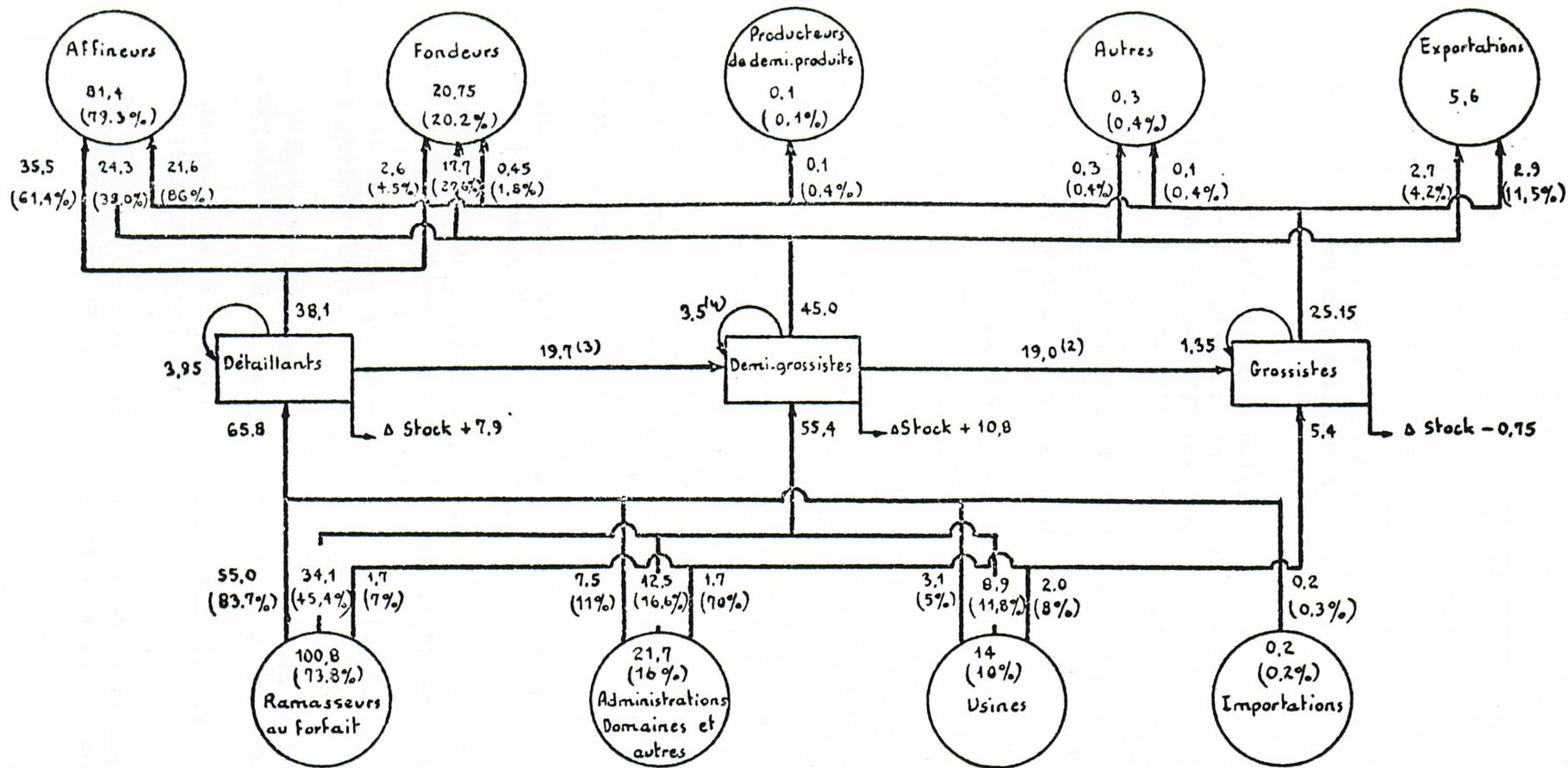


- (1) Enquête portant sur 32.7. 10<sup>3</sup> tonnes (non compris export) vendus, 42.6. 10<sup>3</sup> tonnes achetés. Taux de représentativité relatif de 42,5%  
 Extrapolé au niveau des négociants demi-grossistes (à partir des résultats bruts de l'enquête sur les grossistes) et des détaillants (à partir des résultats précédents sur les demi-grossistes)
- (2) Avec un taux de représentativité relatif: enquête demi-gros par rapport à enquête grossistes de: 6,4%
- (3) Avec un taux de représentativité relatif: enquête détaillants par rapport à enquête demi-gros de: 1,9%
- (4) Hypothèse de taux de recyclage: 5%
- En milliers de tonnes. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'approvisionnement total ou aux ventes totales des détaillants demi-grossistes et grossistes



- (1) Extrapolée au niveau des négociants demi-grossistes (à partir des résultats bruts de l'enquête sur les grossistes) et des détaillants (à partir des résultats précédents sur les demi-gros). Enquête portant sur 23,78 . 10<sup>3</sup> tonnes (non compris export) vendus, 22,59 . 10<sup>3</sup> tonnes achetées. Taux de représentativité relatif de 39%
  - (2) Avec un taux de représentativité relatif: enquête demi-gros par rapport à enquête grossistes de: 6.4%
  - (3) Avec un taux de représentativité relatif: enquête détaillants par rapport à enquête demi-gros de: 3.06%
  - (4) Hypothèse de taux de recyclage: 5%
- En milliers de tonnes. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'approvisionnement total ou aux ventes totales des détaillants, demi-grossistes et grossistes

SCHEMA 38 : ENQUETE (I) SUR LES DECHETS DE PLOMB ET ALLIAGES ETAIN-PLOMB DU NEGOCE



(1) Extrapolé au niveau des négociants demi-grossistes (à partir des résultats bruts de l'enquête sur les grossistes) et des détaillants (à partir des résultats précédents sur les demi-grossistes) Enquête portant sur  $102,55 \cdot 10^3$  tonnes (non compris export.) vendus,  $126,6 \cdot 10^3$  tonnes achetés. Taux de représentativité relatif de 41,4% (5)

(2) Avec un taux de représentativité relatif: enquête demi-gros par rapport à enquête grossistes de: 3,7%

(3) Avec un taux de représentativité relatif: enquête détaillants par rapport à enquête demi-gros de: 0,76%

(4) Hypothèse de taux de recyclage: 5%

En milliers de tonnes. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'approvisionnement total ou aux ventes totales des détaillants, demi-grossistes et grossistes

(5) En effet, les secteurs consommateurs ne semblent guère acheter plus de 20000t. de déchets au négoce

### 3.4. - Comportement et mentalité des opérateurs

#### 3.4.1. - Les papiers

##### 3.4.1.1. - *Le petit récupérateur*

C'est le plus souvent un artisan, qui a opté pour ce métier pour sa simplicité, son peu de qualification et de complexité, et surtout sa souplesse : il est libre de son temps.

Il en tire une profonde méfiance pour toute ingérence dans ses affaires, que celle-ci vienne du fisc ou de son syndicat ; même si le but est de l'aider ultérieurement, il reste peu coopératif. Il aime beaucoup son métier, sans doute à cause du contact qu'il procure avec la matière.

Il est très favorable au développement de la récupération, mais, déjà victime des forces économiques, n'a souvent que des idées peu précises sur les raisons des phénomènes qu'il constate et sur les moyens d'y remédier.

##### 3.4.1.2. - *Les relations producteur-récupérateur*

Dans le cas de la récupération obligatoire, le récupérateur rend un service au producteur. Mais, comme il y a concurrence entre les récupérateurs, il doit payer pour rendre ce service.

La préférence d'un producteur pour tel ou tel récupérateur repose plus sur la qualité du service rendu (régularité d'enlèvement, absence de difficultés pour enlever des papiers de qualité moins bonne, relations personnelles) que sur le prix payé.

Un bon négociant achètera donc des vieux papiers à ses fournisseurs même quand les cours sont bas, et le bénéfice faible ou négatif : il tient à cultiver ses bonnes relations afin de conserver, en période de cours élevé et de concurrence forte, ses fournisseurs.

Les contrats sont le plus souvent uniquement oraux. Ils sont passés avec des clauses de prix variables

- discutés tous les mois sur la base des mercuriales (Usine Nouvelle ; la Récupération), mais pouvant s'écarter sensiblement de cette base,

- ou fixés pour une durée plus longue (6 mois). Dans ce cas, le contrat est parfois écrit.

Producteurs comme récupérateurs tiennent en fait à garder une grande indépendance, et à ne pas se lier pour trop longtemps.

Les Domaines et grandes administrations (P.T.T.) enfin procèdent par appel d'offres et adjudications.

Dans le cas de la récupération volontaire, il doit y avoir un effort de prospection et de recherche par le récupérateur. Cela signifie de sa part :

- une vue à long terme, car il réalise des investissements (matériels ou recherche) non immédiatement productifs,

- un esprit d'initiative important,

- un pouvoir de convaincre les fournisseurs pour qui le service rendu est parfois plein de défauts : irrégularité, inconvénients du stockage, de la séparation, etc..

La récupération volontaire n'est donc le fait que de négociants gros ou moyens.

#### 3.4.1.3. - *Les relations récupérateur-fabricant*

Le fabricant de papier, généralement, manque de vieux papiers. Il est donc prêt à accepter tout papier apporté par une source quelconque, au prix qu'il a fixé (cf. § 3.5.1). Il considère par contre que la récupération n'est pas son métier, que les circuits existants sont suffisants et qu'il n'a donc pas à s'en mêler - sauf parfois à maintenir la dispersion de ses sources (il existe une exception importante : les établissements Soulié fonctionnent comme la société d'approvisionnement en vieux papiers de la Rochette-Cenpa ; une partie de leur capital appartient au groupe La Rochette).

Les livraisons aux fabricants sont donc faites aux prix du marché, avec de faibles variations apportées par les négociations : fabricants et récupérateurs "sentent" le marché, et fixent les prix mensuellement.

Les fabricants jouent d'autre part sur la possibilité de s'approvisionner directement auprès des petits récupérateurs pour baisser les prix. Ils tiennent donc au morcellement de la profession.

#### 3.4.2. - Les métaux non-ferreux

##### 3.4.2.1. - *Les récupérateurs*

##### 3.4.2.1.1. - Le petit ramasseur ou détaillant

C'est un artisan qui travaille seul ou avec 1 ou 2 employés ; il a parfois un autre emploi, secondaire ou principal. Il peut ne travailler qu'occasionnellement, ou même n'être ramasseur que par exception (grutiers d'usines de compostage). Il n'est pas spécialisé, achète indifféremment un métal ou l'autre, parfois également du papier, en fonction de ce qu'il trouve et des cours.

Il ne tient pas de comptabilité, mais un registre de police, obligatoire, qui sert à donner une existence légale à la marchandise (et, en principe, à éviter le recel).

Il a un petit terrain où il stocke (mais peu), possède un camion, achète et revend comptant, avec paiement de la main à la main.

Il apprécie ce métier varié, qui lui laisse la libre disposition de son temps et une grande indépendance, à laquelle il tient beaucoup.

Il a appris à juger des quantités de métal contenu dans les déchets (seule formation nécessaire) - soit par sa famille,  
- soit par expérience,  
chez un autre récupérateur, dans une usine, ou seul.

#### 3.4.2.1.2. - Le demi-grossiste

C'est un petit récupérateur qui a étendu ses activités par son dynamisme, jusqu'à réaliser un chiffre d'affaires de 300 à 2000 kF/an (1). Il commence à acheter aux usines, aux Domaines. Il se heurte à la concurrence, doit chercher des sources et des débouchés. Il négocie plus longuement ses prix.

Il tient une comptabilité, paie des impôts sur son bénéfice et éventuellement la TVA.

Il possède un dépôt, un ou plusieurs camions, une dizaine à une cinquantaine d'employés, et parfois un équipement de conditionnement des rejets (cisailles, presses, chaînes de tri). Sa surface financière lui permet de vendre à crédit (30 ou 60 jours).

Sa surface de ramassage varie de 1000 à 3000 km<sup>2</sup>.

Il apprécie les revenus importants qu'il tire de sa situation, mais il a dû sacrifier une part importante de son temps.

Il a une mentalité de commerçant très marquée : il achète et revend avec bénéfice, mais ne se préoccupe que peu de sécurité, de contrats à long terme, ou de stabilité.. Il ne veut que rarement devenir industriel.

#### 3.4.2.1.3. - Le grossiste

C'est un gros demi-grossiste. Son chiffre d'affaires est important : 2 à 15 Mio F.

Il a des installations fixes importantes, des dépôts, une centaine d'employés.

Son territoire géographique couvre plusieurs départements ; il est spécialisé dans un ou deux métaux, et vend souvent directement aux affineurs, fondeurs ou lamineurs.

#### 3.4.2.1.4. - Le super-grossiste

Il a un chiffre d'affaires supérieur à 15 Mio F. Sa mentalité ressemble davantage à celle d'un industriel : il fait des contrats à long terme, reçoit des volumes importants pour transformation (qui donc ne lui appartiennent pas). Il importe et exporte, et sa surface financière est très importante : il négocie au London Metal Exchange.

Comme pour le grossiste, le super-grossiste n'est plus en permanence en contact avec les opérations quotidiennes : il est plus un chef d'industrie qu'un spécialiste de la récupération.

#### 3.4.2.2. - Les relations entre partenaires

Les achats et les ventes entre fournisseurs, détaillants, demi-grossistes, super-grossiste, grossiste sont faits - soit coup par coup,  
- soit par contrats de durées variables.

---

(1) kF = kilofranc = milliers de Francs  
Mio F = million de Francs  
Mrd F = milliard de Francs.

Les contrats précisent les quantités, natures, des marchandises, les conditions de paiement, délais et lieux de livraisons, et mode d'échantillonnage (souvent contradictoire, avec arbitrage en cas de désaccord). Les prix sont indexés sur les cours du métal, avec une marge, soit fixe, soit en pourcentage, pour l'opérateur.

Il existe des contrats-type, préparés par la fédération des industries de la récupération.

La durée des contrats augmente avec la taille des partenaires : les demi-grossistes et grossistes apprécient la sécurité d'approvisionnement, et la garantie d'activité pour leurs employés, que leur procurent des conventions longues.

Les petits négociants au contraire n'aiment pas les contrats : ils ne veulent pas s'engager sur une marchandise qu'ils n'ont pas, et considèrent qu'ils risquent plus que les grossistes (selon le raisonnement, que, un cours ne peut descendre que jusqu'à zéro, alors qu'il peut monter à l'infini).

Ils s'en tiennent donc à des négociations au coup par coup. Les accords sur la livraison de marchandises sont oraux. Un simple lettre les confirme ensuite (de tradition, dans la profession, "un contrat oral vaut signature").

### 3.4.3. - Les ferrailles

Les récupérateurs et leur mentalité, ou les pratiques de la profession sont analogues à ce qui a lieu chez les récupérateurs de non-ferreux.

Les petits récupérateurs sont d'ailleurs souvent peu spécialisés, et ramassent métaux non-ferreux aussi bien que ferrailles, ou parfois aussi le papier. Les carcasses de voiture donnent lieu à un comportement particulier : elles constituent une source importante de ferrailles (150 000 t) surtout pour les petits ramasseurs. Ceux-ci, qui disposent facilement d'aires de stockage (plus ou moins légales) stockent souvent les carcasses, dans l'espoir de vendre une aile, un pare-brise ou une pièce de moteur à un garagiste ou un automobiliste bricoleur. Le revenu qu'ils obtiennent ainsi est au moins 5 fois supérieur à ce qu'ils obtiendraient par revente à un grossiste.

Le stock ainsi immobilisé serait de l'ordre de 500 000 t ( $\pm 30\%$ ).

Les super-grossistes de plus commencent à envisager une prolongation de leur activité : la construction de mini-usines. Ils ont longtemps hésité par peur de mécontenter les sidérurgistes en place, et de perdre leur clientèle (rappelons que l'offre des ferrailles est généralement supérieure à la demande). Avec l'accord de la sidérurgie, ils se transforment maintenant en aciéristes.

## 3.5. - Le mécanisme de formation des prix de vente, et ses effets

### 3.5.1. - Principes généraux

Les prix de vente des déchets aux fabricants sont formés par la loi de l'offre et de la demande.

Il y a parfois des blocages, par la direction des prix ; (mais rarement ; le plus souvent le Ministère des Finances se contente de surveiller ce qui se passe).

Pour les métaux, le commerce international est important : il y a donc une influence des cours étrangers sur les prix français.

### 3.5.2. - Les papiers

Dans le cas des vieux papiers, peu transportables, c'est la loi de l'offre et de la demande qui joue totalement, avec tous ses effets annexes.

Le prix est donc fonction :

- de la demande momentanée et son élasticité en fonction du prix,
- de l'offre momentanée et son élasticité,
- du désir de vendre : si les cours sont trop bas, les fournisseurs ont la possibilité de stocker en attendant une hausse, ou de cesser leur activité,
- du désir d'un revenu suffisant,
- de la concurrence,
- de la spéculation.

Dans le secteur des vieux papiers

- la demande est très élastique par rapport au prix, d'autant plus que les contrats à long terme sont rares et que les fabricants de papier peuvent toujours utiliser des pâtes ;

- l'offre est peu élastique, à court terme surtout. Ses variations viennent en effet du développement plus ou moins grand de la récupération volontaire, qui ne varie que lentement ;

- le désir de vendre à une influence moyenne : il est difficile de stocker les vieux papiers, dont la densité est faible. Par contre les petits négociants peuvent ne plus s'intéresser qu'aux sortes nobles, ou à d'autres déchets ;

- le revenu recherché par les négociants est fonction de la conjoncture, et de son orientation : en période de cours élevés, les revenus sont plus importants. Cependant, si le négociant pense que la hausse va durer, il développera sa collecte, et ses contrats d'enlèvement, même au prix d'une réduction momentanée de sa marge bénéficiaire ;

- la concurrence est très variée et importante, puisque tous les opérateurs agissent simultanément sur les marchés ;

- la spéculation directe est très faible, puisque les vieux papiers sont difficiles à stocker. La spéculation a lieu de manière indirecte par l'intermédiaire du revenu, et de la passation de contrats à long terme en cas de hausse.

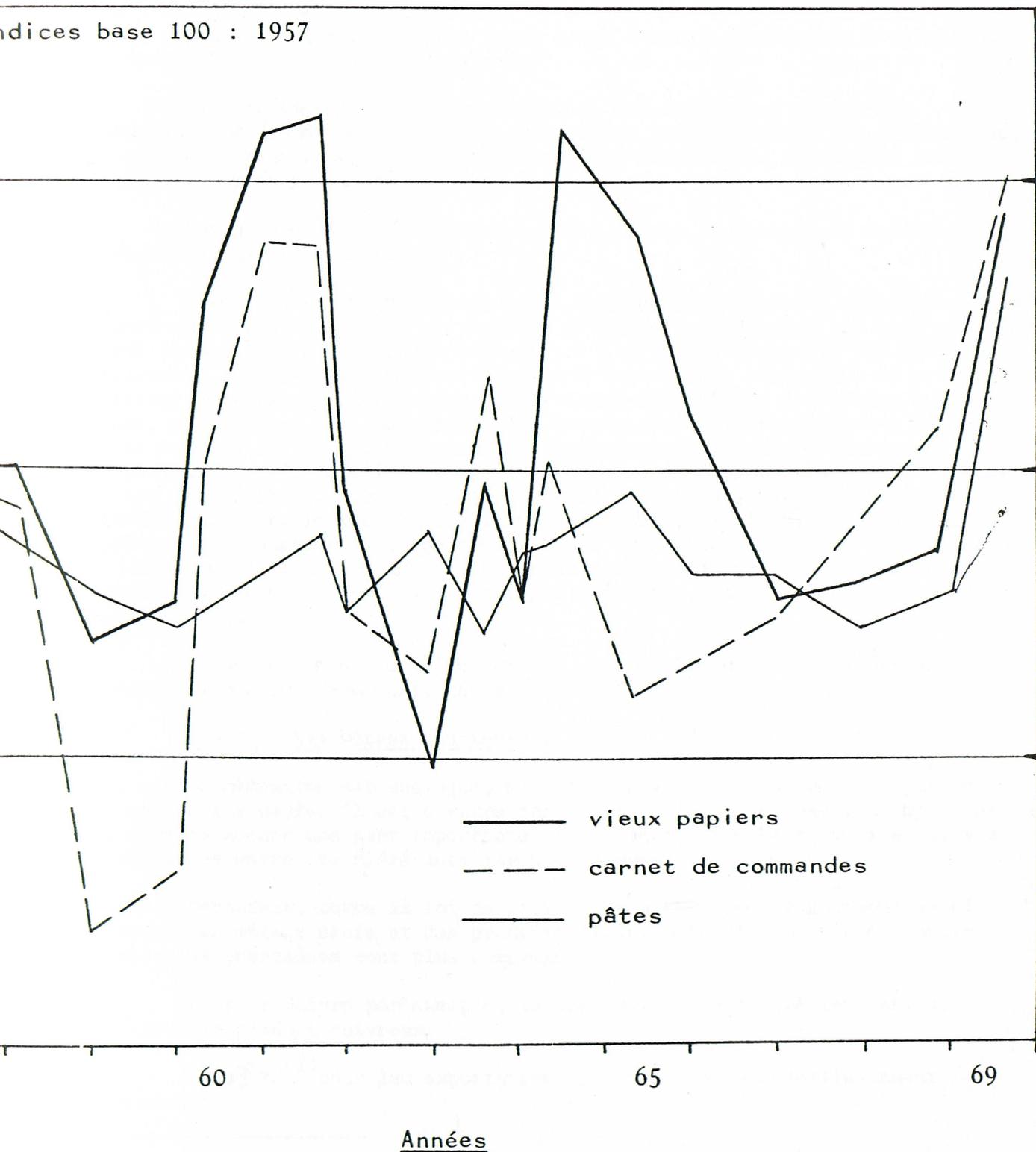
L'effet est une série de hausses et de baisses des cours (fig. 39) qui est finalement nuisible à tous les opérateurs (sauf peut-être quelques génies de la spéculation), et en tous cas à la récupération en général : les ramasseurs qui ne sont présents que pour spéculer sont très rares, les quantités qu'ils recyclent insignifiantes.

FIGURE 39 : EVOLUTION COMPARATIVE

- . du prix des vieux papiers
- . du carnet de commandes des papiers-cartons
- . du prix des pâtes.

Source : [3]

Indices base 100 : 1957



Par contre le mouvement souvent abberant des cours mécontente les négociants, restreint leurs investissements, leur capacité de passer des contrats de longue durée, qui rendraient également service aux producteurs de rejets.

L'aberration des cours est encore renforcée par deux phénomènes dus à la façon dont sont pressenties les variations des cours : l'élasticité d'anticipation et le retard d'adaptation, qui proviennent de la lenteur pour développer (ou réduire) l'offre, et que l'étude [3] illustre par l'image suivante : "Lorsque l'on a froid et que l'on met en marche un poêle à charbon, il faut attendre encore un certain temps avant d'avoir chaud, mais l'on risque à un moment ultérieur d'avoir trop chaud".

Ces phénomènes ont pour conséquence (et aussi pour cause) une désorganisation du marché : lutte de concurrence pour les quantités à récupérer, distorsions géographiques (un déséquilibre de l'offre et de la demande dans une région se propage rapidement).

Les accords sont difficiles à faire, comme l'explique le Bureau International de la Récupération :

"Les usines consommatrices ainsi que les récupérateurs sont bien d'accord qu'il faut supprimer ces hausses et baisses cycliques, les unes provoquant les autres, mais jusqu'à présent, on n'a jamais disposé d'une période suffisamment longue de hausse pour arriver à une entente concernant le prix de revient des vieux papiers. A un moment donné les besoins des usines augmentent, précisément à ce moment-là, les stocks chez les récupérateurs sont au plus bas, la loi du marché joue et les prix augmentent. Arrivés à un certain niveau, les usines s'inquiètent de ces hausses de prix et veulent discuter avec les récupérateurs. Ceux-ci sont d'accord, on organise des tables rondes, on ébauche des formules, on étudie la question des deux côtés, le temps passe, la récupération augmente, les besoins à court terme sont couverts, la conjoncture se ralentit et... les usines déclarent : nous n'avons plus de problèmes d'approvisionnement et les discussions préliminaires, tables rondes, etc. tombent à l'eau.

Et on recommence la même comédie, pression sur les prix, offres en catastrophes des récupérateurs, chute de la récupération".

### 3.5.3. - Les métaux non-ferreux

Le mécanisme est analogue, mais les variations sont bornées par le prix des métaux neufs. Il est d'autre part plus facile de stocker. La spéculation directe a donc une part importante. Les transports sont faciles et il y a donc arbitrage entre les différents marchés internationaux.

Cependant, comme la loi de l'offre et de la demande gouverne aussi les cours des métaux neufs et des produits finis (avec des variations importantes), les phénomènes sont plus complexes :

Pour le cuivre par exemple, la base des cours des déchets est le cours du demi-produit cuivreux.

- Au  $\text{ME}^{(1)}$  pour les exportations ou les clients essentiellement exportateurs,

---

(1) London Metal Exchange : Bourse de Londres

- au GIRM pour les marchés intérieurs (les cours du GIRM suivent d'ailleurs assez fidèlement les cours du ME, avec parfois un léger retard ou une certaine inertie).

A partir de cette base, l'acheteur tient compte en diminution de ses coûts de purification, transformation, transport, stockage, compare au cours du métal neuf, retient le chiffre le plus bas, retire son bénéfice et obtient le prix maximum qu'il est prêt à payer pour les déchets. La négociation entre ses divers fournisseurs lui fournira alors le meilleur prix.

Comme la loi de l'offre et de la demande (et en particulier le phénomène d'anticipation de la demande, ou, parfois, la spéculation) joue aussi pour l'acheteur, celui-ci va moduler sa marge en fonction de la conjoncture : si les cours des demi-produits sont élevés, il voudra vendre davantage, et, faute de lingots de métal vierge, il devra rechercher des déchets. L'écart du cours des déchets avec ceux du GIRM vont se réduire, parfois s'annuler ou s'inverser (il existe des accords GIRM-utilisateurs qui évitent un emballement des cours du métal vierge, alors que rien n'existe pour les déchets).

Les écarts cours des déchets - cours du ~~£~~ ME varient en pratique de -30 à +20 %.

Le cours du ~~£~~ ME est lui-même erratique. C'est ce qui explique que les cours des déchets non-ferreux soient complètement erratiques.

Face à ces variations, on observe deux types de comportement des agents :

- les premiers conservent un stock constant, achètent chaque jour un volume égal à ce qu'ils ont vendus, et prennent une marge variable en fonction de la conjoncture ;

- les autres achètent, puis revendent lorsque le cours du métal est suffisamment haut pour couvrir leur prix d'achat, leur marge et leurs frais financiers. Cette seconde catégorie comprend les spéculateurs ; on y trouve les profits exceptionnels ou les faillites fréquentes.

#### 3.5.4. - Les ferrailles

Les sidérurgistes emploient en moyenne, en France, 33% de ferraille. Sur cette proportion, environ les 3/4 (soit 26%) proviennent de la "récupération obligatoire", c'est-à-dire des chutes dans l'usine même ou chez les fabricants de demi-produits (contrôlés par la même société).

Les proportions sont analogues dans le reste du monde :

Les ferrailles achetées au négoce constituent donc uniquement un appoint aux ferrailles propres des usines, et un marché peu important. Leur demande (c'est-à-dire la demande d'acier) est extrêmement variable selon la conjoncture, et c'est elle qui dicte les prix du marché.

D'autre part le marché des ferrailles est international ; la valeur massique des ferrailles est élevée, donc on peut facilement les transporter sur de grandes distances (surtout par voie d'eau), d'autant plus que la manutention est assez facile (grues à électro-aimants). Il y a donc un arbitrage entre les différents cours nationaux : on constate en pratique que les prix

sont alignés sur ceux des Etats-Unis (la fermeture des frontières de la CECA aux ferrailles n'a pas semblé changer quoique ce soit).

Enfin, à long terme, le prix des ferrailles baisse (même en francs courants). Cela s'explique probablement par une supériorité chronique de l'offre sur la demande. Mais les très importantes variations de cette dernière et le manque de renseignements sur l'offre réelle et sur sa variation dans le temps, indiquent que cette explication serait à vérifier. La figure 39 bis donne les variations des cours de la ferraille dans différents pays de 1956 à 1969.

### 3.6. - Le mécanisme de formation des prix d'achat

Le prix d'achat aux fabricants, ou aux petits récupérateurs, est calculé à partir du prix de vente, par déduction par le grossiste :

- du coût de traitement,
- du coût de transport,
- de son bénéfice.

Il ne saurait descendre en dessous du coût de collecte, augmenté du bénéfice du petit récupérateur. Le total des 5 sommes précédentes donne donc le prix minimum de vente pour qu'il y ait recyclage.

#### 3.6.1. - Les ferrailles

Pour les ferrailles, en moyenne,

- le coût de traitement varie
  - de 20 à 50 F/t pour le cisailage,
  - de 40 à 70 F/t pour le découpage,
  - de 20 à 50 F/t pour le pressage,
  - de 60 à 70 F/t pour le broyage,
  - de 20 à 50 F/t pour le tri et la manutention ;

- le coût de transport varie selon la distance et le mode employé. Il est généralement voisin de 25% du prix de vente, soit 20 à 50 F/t ;

- le bénéfice varie de 0 à 20 F/t selon la conjoncture ;

et - le coût de collecte varie de 15 à 40 F/t (petits lots ramassés par camion). Pour les distances parcourues d'habitude, il est de 25 F/t.

On en déduit qu'il ne saurait y avoir recyclage si le cours des ferrailles est inférieur à 85 F/t.

Pour un super-grossiste, la structure des coûts est donnée au tableau 40.

FIGURE 39 BIS

PRIX DE LA FERRAILLE DANS CERTAINS PAYS, DE 1955 A 1969

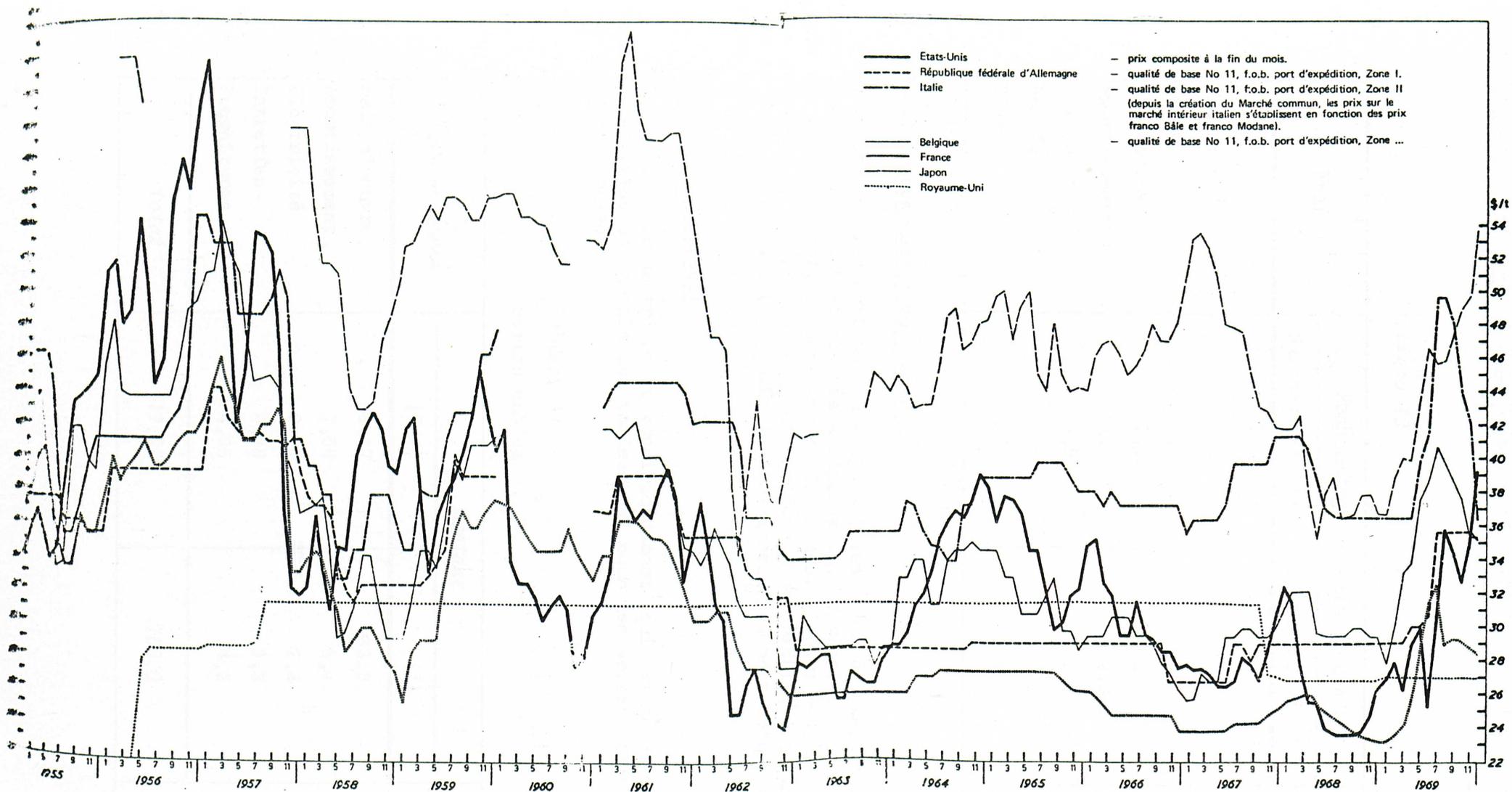


Tableau 40

Frais	Pourcentage du prix de vente	
	Super-grossiste 1	Super-grossiste 2
Achat	75	57
Salaires	5,4	19
Taxes	9,5	10
Transports	2,6	5
Amortissements	1,7	2,3
financiers	1,6	1,2
Bénéfice	0,5	- 0,2
Divers	3,7	5,7

### 3.6.2. - Les métaux non-ferreux

Les coûts de transport sont analogues ; les coûts de préparation à la tonne sont inférieurs (déchets mieux séparés à l'origine) ; ces coûts, rapportés aux coûts d'achat, le sont encore davantage. L'écart relatif de prix entre le grossiste et le petit détaillant est donc assez réduit, d'autant plus que le petit détaillant (ou plutôt le demi-grossiste) peut vendre directement au fabricant.

### 3.6.3. - Les papiers

Pour un atelier de tri et de conditionnement (qui traite 3500 t/an) la structure des frais est donnée aux tableaux 41 pour les sortes nobles, 42 pour les sortes basses.

Tableau 41

Sortes nobles

Type de frais	Montant	
	(F/t)	(%)
Main d'oeuvre	98,17	83,3
Amortissement	7,54	6,4
Electricité	2,71	2,3
Entretien	4,48	3,8
Fournitures	4,95	4,2
<i>Total</i>	<i>117,85</i>	<i>100,0</i>

Tableau 42  
Sortes basses

Type de frais	Montant	
	(F/t)	(%)
Main d'oeuvre	9,11	39,2
Amortissement	6,60	28,4
Electricité	2,44	10,5
Entretien	3,09	13,3
Fournitures	2,01	8,6
<i>Total</i>	<i>23,25</i>	<i>100,0</i>

Pour un grossiste, la structure des coûts est indiquée au tableau 43.

Tableau 43

Type de frais	Pourcentage sur prix de vente	Montant (10 <sup>3</sup> F)
Achats	50,5	207
Personnel	16,1	64
Impôts et taxes	0,7	3
Loyer, entretien	4,5	18
Transports	13,4	53
Gestion	1,0	4
Frais financiers	0,8	3
Frais de siège	2,0	8
Amortissements	3,3	15
Résultat	7,2	28
Divers	0,5	2
<i>Total</i>	<i>100,0</i>	<i>405</i>

Note : Les montants correspondent à un tonnage traité de 1600 tonnes, en un mois.

### 3.7. - Conclusion

Les circuits de récupération actuels réalisent dans des conditions difficiles, le rapprochement de l'offre et de la demande de déchets. Les quantités récupérées sont fort loin des possibilités techniques, et même peut-être dans certains cas, des possibilités économiques (les ordures ménagères en particulier).

Les comportements ou les mentalités des récupérateurs s'éloignent parfois de l'orthodoxie pure ; il reste difficile d'en apprécier les raisons : est-ce une caractéristique de la profession ? Est-ce, ce qui semble tout de même plus probable, dû aux défauts de mécanismes économiques hérités du passé, et devenus totalement inaptes au besoin de sécurité d'approvisionnement des industries modernes ?

Les récupérateurs possèdent une qualité primordiale : ils existent et, bon an mal an, avec plus ou moins de facilité, ils récupèrent des tonnages importants, font vivre un personnel nombreux dans des conditions souvent agréables, et évitent des demandes trop fortes à l'environnement.

Pour développer la récupération autant qu'il est nécessaire (ou plutôt possible et désirable), il est nécessaire de les mettre à égalité avec les producteurs de matériaux vierges, en les aidant à se transformer en une véritable industrie.

## TROISIEME PARTIE

---

### QUELQUES MESURES POSSIBLES

---

### POUR DEVELOPPER LA RECUPERATION

---

*Remarque préliminaire* : Cette partie énonce un certain nombre de mesures possibles, et pour chacune, quelques-unes de ses motivations, modalités, et effets. Le manque de temps -et de statistiques- n'a pas permis à l'auteur de les étudier suffisamment pour être complet. Certaines idées soulevées dans cette partie sembleront insuffisamment motivées, mal classées, parfois même peu profondes. L'auteur s'en excuse ; il a préféré donner dès maintenant des idées nombreuses à ses successeurs, plutôt que se restreindre et prétendre à la perfection du produit fini. Tout ce qui suit doit donc être considéré comme des possibilités, plus que comme des mesures bien précises ou des recommandations.

On peut classer ces mesures, plus ou moins bien d'ailleurs, selon le plan suivant, analogue à celui de la deuxième partie :

- agir sur l'offre,
- agir sur la demande,
- faciliter la mise en relation de l'offre et de la demande.

Mais une mesure préliminaire, nécessaire pour étudier les autres, est de :

#### 1 - FAIRE DES ENQUETES

Comme on l'a indiqué à la fin de la première partie, les données sur la récupération en France sont encore très insuffisantes pour juger du coût et de l'effet précis de telle ou telle mesure. La deuxième partie de cette étude est, aux oublis près, le condensé de tout ce que l'on sait en France en mai 1973 sur la récupération. Elle indiquait au fur et à mesure les divers renseignements nécessaires en particulier :

- étudier systématiquement la durée de vie et ses causes,
- connaître les coefficients techniques de production de déchets et de réincorporation dans les fabrications, les contraintes économiques, et l'effet des impuretés des rejets (*cf. annexe 7, qui donne pour les ferrailles un exemple des renseignements qu'il faut obtenir*),
- préciser les circuits actuels de récupération, les tonnages traités, et la valeur ajoutée à chaque étape,

- voir la capacité des circuits actuels à supporter une extension de la récupération, tant physiquement qu'intellectuellement.

Tout ceci pourrait être obtenu par une enquête systématique. Celle-ci pourrait :

- soit partir de ce rapport, qu'il faudrait beaucoup compléter,
- soit partir d'un rapport américain (EPA SW29c) qui donne, pour les Etats-Unis, une grande part des données recherchées ici, et qu'il suffirait (!) donc de récrire en français et avec les données françaises.

La liste des principaux renseignements utiles et des moyens de les obtenir figure de plus en annexe 9.

## 2 - AGIR SUR L'OFFRE

2.1. - On pourrait certes essayer d'augmenter la quantité de rejets, de façon à profiter d'un éventuel effet de taille dans les installations de récupération. En fait, ceci ne semble pas souhaitable, car si le volume de rejets augmente, le volume mis en décharge, et surtout le besoin en matières premières augmenteront. L'avantage total serait donc probablement négatif.

Il sera par contre très profitable d'augmenter la quantité de rejets recyclables : la transformation de tout rejet en un rejet facilement recyclable permettra une récupération accrue - sans que soit accrue la demande en matières premières, et malgré la baisse de prix que provoquera l'augmentation de l'offre de rejets sur le marché.

2.2. - Cette transformation de rejet en rejet facilement recyclable peut, par exemple, être obtenue par la séparation à la source des rejets en plusieurs catégories.

On doit pouvoir arriver à des bons résultats dans les administrations (armée) et dans les usines. Il peut également être possible d'inciter les ménagères à classer leurs ordures en plusieurs catégories ; aucune étude n'a encore été faite de façon systématique : "c'est contraire au tempérament latin" ; "personne ne voudra le faire". Pourtant l'exemple d'études à petite échelle ou de certaines villes étrangères (dont certaines sont plus au Sud que la France), montre qu'il y a de l'espoir ; une étude réelle, avec l'appui des moyens modernes de publicité, de promotion et d'incitation (cet emploi des "forces de persuasion" est fondamentale ; il oblige à faire l'expérience dans une ville complète) serait intéressante, d'autant plus qu'il suffit de motiver une personne sur deux pour rentabiliser l'opération en une seule année (cf. *annexe 6*)..

Il est important de définir au préalable ce qu'on séparera : certains proposent les papiers, d'autres le verre, d'autres enfin les déchets organiques. Il faut remarquer que ces choix ignorent souvent les possibilités de tri mécanique moderne : il faut trouver un classement rationnel, c'est-à-dire

- qui ne pose pas de problème de décision à la ménagère,
- qui, conjugué avec des moyens mécaniques de tri, donne des produits utilisables,
- qui, éventuellement, soit rentable pour celui qui le mettra en oeuvre.

- Le classement
- 1) emballages et débris propres,
  - 2) déchets organiques et tout ce qui est souillé
- semble convenir :

dans la première catégorie, on sépare facilement

- les ferrailles par magnétisme,
- les papiers, cartons, plastiques par classification par air, broyage ménagé et criblage, table vibrante, séparation électrostatique, ou par tout autre procédé simple et bien connu, les métaux non-ferreux et le verre par broyage ménagé, criblage, flottation, etc..

### 3 - PROMOUVOIR LA DEMANDE

- Par une action auprès du public :

il faut transformer l'image de marque des produits recyclés ("Ah! oui ce papier de troisième catégorie"...." en celle d'un produit noble, à la pointe du progrès, économisant les ressources naturelles, épargnant les sites (forêts ou mines), etc.). Cependant, pour les papiers par exemple, ce n'est que si les consommateurs demandent du papier recyclé à la place du papier ordinaire que l'on pourra être satisfait : s'ils demandaient le papier recyclé en plus, cela se traduirait par un accroissement des rejets et un maintien de l'abattage des forêts, c'est-à-dire une situation peu souhaitable.

- Par une action auprès des administrations :

il faut d'une part montrer l'exemple, d'autre part faire supprimer toutes les restrictions, directes ou indirectes, injustifiées, qui réduisent l'usage de rejets dans les produits vendus.

- Par une action auprès des industriels :

il faut leur montrer qu'ils peuvent fabriquer des produits vendables à partir de rejets.

Certains diront que ceci n'est efficace que si l'offre correspondante existe. Ce raisonnement ne peut être accepté par quiconque défend les intérêts de la collectivité : si la demande est supérieure à l'offre, les prix montent, et la récupération de nouvelles catégories devient profitable ; le taux de collecte augmente donc (et même au-delà de ce qui serait strictement nécessaire, à cause du mécanisme de retard d'adaptation).

### 4 - RAPPROCHER L'OFFRE ET LA DEMANDE

- #### 4.1. - Ceci peut être obtenu par plusieurs moyens :

on peut organiser complètement ce rapprochement, soit en indiquant à chaque entreprise productrice de rejets quelle usine peut utiliser ces rejets (et vice versa), soit en modifiant les systèmes de distribution pour y inclure la récupération. On peut régulariser les cours, et faciliter l'industrialisation des récupérateurs. On peut se rapprocher d'une situation saine, en internalisant certains coûts externes. On peut améliorer les procédés de récupération, en aidant les investissements ou la recherche. On peut enfin former les gens, pour ne pas les laisser se satisfaire de procédés trop classiques.

4.2. - On peut utiliser les renseignements issus des enquêtes pour rapprocher l'offre et la demande. Il existe aux Etats-Unis un système de gestion de l'information sur les rejets, qui se propose :

- d'identifier tous les rejets produits (nature, composition, volume, régularité, etc.),
- de connaître les besoins en matières premières des industries,
- d'indiquer qui peut utiliser quels rejets,
- et même de suggérer des modifications de procédés dans des usines de façon que les nouveaux déchets produits conviennent à d'autres, ou que les rejets servent à de nouveaux procédés,
- en proposant éventuellement des usines nouvelles pour des produits nouveaux.

Un tel système pourrait bien s'appliquer dans l'une ou l'autre des régions françaises.

4.3. - On peut également changer les habitudes de distribution, de façon à favoriser la récupération.

4.3.1. - Par exemple, on peut remplacer la vente des objets par leur location. Cette solution, radicale à long terme, est difficile à mettre en oeuvre :

- elle est difficilement applicable pour les "matières consommables", trop nombreuses et atomisées,
- elle coûterait encore un prix inacceptable pour le moment,
- elle favoriserait assez peu le recyclage : dès maintenant, les machines importantes, même achetées, sont "mises à la ferraille". Dès maintenant, certains objets sont loués (voitures, postes de télévision). Ceux-ci ne sont récupérés que s'ils sont utilisables : ils ont une valeur élevée, ils sont donc réemployés. Autrement, ils finissent en décharge. La grande activité du marché des ordinateurs d'occasion, enfin, permet de penser que la seule location n'implique pas la récupération : on peut avoir location sans recyclage, ou réemploi sans location,
- enfin, beaucoup pensent qu'il sera très difficile de réduire le droit de propriété, considéré comme l'adaptation à la société moderne du "territoire propre" des animaux.

4.3.2. - Un système dérivé peut par contre être imaginé : obliger tout acheteur d'un produit neuf à apporter en échange une certaine quantité de rejets, qui sera retournée jusqu'aux usines sources.

Un tel système existe déjà pratiquement pour diverses marchandises : les pneus, les batteries de voiture, beaucoup de produits cuivreux. Il a existé, sur une échelle assez grande, pendant la deuxième guerre mondiale, dans différents pays.

Par l'intégration totale de la récupération dans la distribution, il rend possible une grande efficacité de celle-ci.

Il s'agit cependant d'une mesure très énergique : d'une part, elle renverserait certaines habitudes - mais il est probablement encore temps, et encore facile de le faire, comme le montre l'exemple des bouteilles consignées - d'autre part elle nécessiterait des circuits de récupération mieux organisés, partant des revendeurs (qui reçoivent les déchets) vers les usines. Ce trafic semble d'ailleurs facile à mettre au point, puisqu'il constitue un frêt retour pour les moyens de livraison actuels.

L'installation de tels circuits aurait un coût pour la collectivité. Ce coût est-il en rapport avec les sommes qu'on est prêt à consacrer au succès du recyclage ? (qui n'est, rappelons-le un fois encore, qu'un moyen de répondre à une demande de bonheur qui est le but fondamental). Est-ce la meilleure façon de dépenser ces sommes ? Telle est la question à laquelle il faudra répondre avant de prendre une telle mesure.

Précisons en tout cas ci-dessous quelques-uns de ses effets et modalités.

4.3.2. - 1- La quantité de déchets doit être choisie de telle sorte que les nouveaux acheteurs puissent trouver sur un marché de l'occasion (ou des déchets) ce qui leur est nécessaire pour acheter le matériel neuf.

4.3.2. - 2- Les entreprises nouvelles, ou en croissance, seront pénalisées. Elles doivent, en plus de l'achat d'un nouvel élément, trouver les déchets nécessaires au premier achat ; un investissement nécessite donc des efforts supérieurs. On peut rétorquer qu'à long terme, c'est plutôt un avantage, puisque ce fait diminuera la demande en matières premières, en ralentissant les renouvellements de machines et les investissements peu productifs.

En cela une telle mesure correspond parfaitement à nos objectifs initiaux.

- En fait le progrès technique ne sera que peu ralenti : il procédera par sauts plus brusques. Les recherches se feront donc à terme un peu plus long, ce qui est une valorisation supplémentaire des activités humaines ;

- si le marché des rejets est bien organisé et si les rejets sont revendus aux fournisseurs, l'effet est faible, et portera principalement sur les investissements peu rentables monétairement, pour l'entrepreneur - et donc rarement rentables pour la collectivité.

3- Les sources devront être identifiées, de façon à éviter tout recel.

4- Le marché des rejets sera réduit. Prouvons-le sur un exemple, celui des ferrailles ; cela permettra également d'indiquer quelques autres effets de notre mesure : en 1971, en France, on a produit 23 Mio t d'acier, vendu en moyenne 700 F/t.

Si les acheteurs avaient dû, pour acheter ces 23 Mio t, livrer à la sidérurgie par exemple 15% du poids acheté sous forme de ferrailles (soit 3,4 Mio t, ce qui correspond à la quantité que la sidérurgie achète actuellement au négoce) ;

- soit la sidérurgie les aurait achetés, en les payant un prix analogue à celui qui existe sur les marchés actuels, c'est-à-dire 120 F/t (sous forme de remise à ses clients) ;

- soit elle les aurait reçus gratuitement mais abaisserait ses prix de vente généraux. La première solution semble meilleure : pour la sidérurgie, rien n'est changé en ce qui concerne les bilan et compte exploitation. Par contre sa source de ferrailles est garantie ; de plus, il y a une inci-

tation économique beaucoup plus forte à l'application d'un tel système, et la compétitivité de l'industrie française à l'étranger est inchangée ;

- les vieux clients de la sidérurgie auraient un débouché garanti pour leurs chutes, tout au moins pour la quantité correspondant à ce qu'ils doivent fournir aux aciéries. Le reste serait vendu sur le marché à l'intention des nouveaux clients ;

- les nouveaux clients devraient acheter des ferrailles avant d'acheter des produits.

Si ceux-ci constituent 10% des clients, et doivent fournir 15% de ferrailles, cela leur coûtera

$$23.10^6 \times \frac{10}{100} \times \frac{15}{100} \times 120 = 41 \text{ Mio F}$$

qu'ils recouvreront en les vendant à la sidérurgie.

Le marché des ferrailles sera réduit à cette somme (et donc l'activité des ferrailleurs, grossistes, etc. diminuera semblablement). Par contre un grand nombre de ceux-ci seront intégrés dans nos circuits directs.

5- Il y aura adéquation automatique des approvisionnements selon la conjoncture : en période de forte demande ; les sidérurgistes par exemple, qui ont besoin de plus de ferrailles pour fabriquer l'acier, en reçoivent plus justement parce que la demande est plus forte. On a donc un effet de stabilisation des cours certain (mais pas total).

6- On pourra, pour aboutir au résultat recherché, soit fixer autoritairement un taux minimum de déchets qu'il faut fournir pour pouvoir acheter, soit créer une incitation économique (prix variant en fonction de la quantité de déchets apportés).

La seconde solution semble meilleure, à condition que :

- on ne fixe pas autoritairement le barème des prix : les mécanismes du marché peuvent le faire de façon probablement plus satisfaisante - mais on doit conserver une sauvegarde au système ;

- on doit décider d'un taux minimum, assez bas, nécessaire pour acheter. Sans un tel taux en effet, le système risque d'être totalement inefficace.

7- Pour organiser les circuits de récupération, on pourra prendre exemple sur les circuits de retour des bouteilles consignées.

4.4. - Nous avons vu dans la deuxième partie les conséquences néfastes de la fixation des prix par la seule loi de l'offre et de la demande.

Il semble donc intéressant de régulariser les cours, ou tout au moins de réduire leurs variations à court terme. Cette mesure faciliterait la transformation des récupérateurs en vrais industriels : ils pourraient prévoir leur budget, leurs investissements. Elle encouragerait la passation de contrats producteurs-récupérateurs qui assureraient les producteurs d'un enlèvement régulier et d'un revenu (ou d'un prix) connu ; de contrats récupérateurs-consommateurs qui garantiraient un débouché aux premiers, un approvisionnement aux seconds, dans des conditions connues.

Cependant une telle mesure serait probablement nocive si elle était prise trop brutalement ; elle ferait disparaître une multitude de petits récupérateurs et ferrailleurs : ils sont peut-être parfois fraudeurs du fisc, spéculateurs, ils restent en dehors du mouvement d'industrialisation, mais ils collectent une quantité importante de déchets et leur disparition poserait un problème économique, politique et surtout social (15 000 personnes environ vivent de la récupération et devraient être converties. Elles perdraient le caractère libéral de leur emploi).

Ces inconvénients peuvent être palliés de deux façons :

- mettre en vigueur progressivement le système de régularisation (réduire petit à petit les marges de fluctuation) et instaurer un système d'intégration des petits récupérateurs ou de reconversion ;

- ou, ce qui est probablement mieux, remplacer le système de régularisation par un système de couverture (en Bourse ou ailleurs) sur une durée de quelques mois (le temps s'écoulant normalement entre l'achat et la vente du rejet).

4.5. - On peut faciliter la transformation des récupérateurs en industriels, et pour cela utiliser la fiscalité : les petits récupérateurs, au forfait, ou les grossistes n'ont que rarement la possibilité de "récupérer" la TVA sur leurs investissements.

Pour éviter cet inconvénient, et inciter aux investissements (et à la transformation des récupérateurs en véritables industriels) il faut soumettre les circuits de la récupération à la TVA, et choisir un taux élevé.

En effet on permettrait ainsi aux récupérateurs la "récupération" de la TVA sur leurs investissements (même si la règle du butoir est conservée). Les inconvénients sont faibles :

- les consommateurs de déchets, qui font leurs choix sur des prix hors-taxes, ne changeraient pas leur demande ;

- les consommateurs de produits finis, qui paient réellement la TVA, ne verraient qu'une augmentation très minime des prix, puisque la part des déchets dans la valeur ajoutée finale est toujours très faible.

L'annonce d'une telle mesure aurait de plus un effet psychologique : elle inciterait probablement les constructeurs à trouver de nouveaux procédés, à fabriquer et à proposer de nouveaux appareils.

Enfin on pourrait imaginer de consacrer une somme égale à la TVA perçue ainsi au financement de mesures en faveur du recyclage.

4.6. - On peut se rapprocher d'une situation saine (en ce sens qu'elle conduit chaque individu à faire des choix optima pour la collectivité) en internalisant certains coûts externes.

Un premier pas dans cette voie serait de faire payer les pollueurs, et de profiter de l'argent reçu pour payer les récupérateurs.

La théorie économique indique d'ailleurs que toute entreprise devrait être prête à payer le récupérateur (qui lui enlève ses rejets) à un

prix au plus égal à ce que coûterait l'élimination de ces déchets par un autre système.

En fait, la concurrence intervient, et l'entreprise ne paie le récupérateur que rarement. Elle se fait parfois même payer pour donner ses rejets.

On pourrait faire cesser cette situation, en obligeant tout jeteur à payer le récupérateur.

Une telle solution présente un grand nombre d'avantages :

- elle est conforme au principe "les pollueurs seront les payeurs",
- elle est une subvention aux récupérateurs,
- elle favorise une régularisation des circuits : en effet, l'industriel devant payer une somme fixe ne recherchera plus la meilleure proposition à chaque instant ; il pourra passer des contrats à long terme, et ceci permettra au récupérateur, sûr de ses sources, de se développer,
- elle évite les pertes de temps (et d'efforts) des négociations actuelles producteur-récupérateur.

Elle pourrait être appliquée par un système analogue aux agences de bassin : une redevance serait payée par toute personne rejetant des solides, et le montant ainsi perçu serait versé :

- aux recycleurs, de façon plus ou moins préférentielle,
- aux entreprises d'incinération ou de mise en décharge.

4.7. - On peut favoriser la recherche, nécessaire pour l'avenir : elle permettra la découverte de nouveaux procédés, qui absorberont tout offre excédentaire ou transformeront les rejets pour les adapter à la demande.

Signalons deux possibilités pour cela :

4.7.1. - Augmenter les subventions à la recherche (DGRST<sup>(1)</sup>, FIANE<sup>(2)</sup>, etc.) comme cela serait fait aux dépens d'autres recherches, il s'agit d'un choix politique : A quoi veut-on donner la plus grande priorité ?

4.7.2. - rendre les recherches sur le recyclage libératoires de la PRG<sup>(3)</sup>. C'est une mesure logique, car - ces recherches mettent à disposition des matières premières, tout autant que les prospections minières, - les sociétés d'extraction minière ont souvent des services de valorisation des minerais développés (de même les organismes d'études du type B.R.G.M.<sup>(4)</sup>). Ceux-ci peuvent développer plus facilement que d'autres de nouveaux procédés, - ces mêmes sociétés sont bien placées pour connaître les besoins des "transformateurs", et sont déjà en relations commerciales avec elles.

4.8. - On peut déjà aider au développement de certains procédés, déjà bien au point, ou proches de l'être.

Citons en particulier :

---

(1) Direction générale de la Recherche Scientifique et Technique

(2) Fonds d'Intervention pour l'Aménagement de la Nature et de l'Environnement

(3) Provision pour Reconstitution de Gisement

(4) Bureau de recherches géologiques et minières

#### 4.8.1. - Les mini-aciéries

Il paraît paradoxal d'exporter 2,8 Mio t de ferrailles (solde net 1972) dont 2,21 vers l'Italie alors qu'on en importe des aciers, dont la valeur ajoutée est certainement supérieure.

La construction de mini-aciéries semble être ici très intéressante :

- amélioration de la balance des paiements,
- création d'emplois.

Elle est possible, car les ferrailles envoyées en Italie proviennent principalement du Sud Est de la France (Lyon, Marseille, chutes des aciers spéciaux des Alpes) et pourraient utilement être envoyées :

- soit vers Fos (exportations d'acier vers la Méditerranée),
- soit vers une usine située près de Lyon (130 000 t de laminés marchands consommés dans le Rhône en 1972),
- soit vers une usine située près de Mulhouse (alimentant Sochaux, etc., Strasbourg et Bâle).

4.8.2. - Les procédés de désencrage du papier, et d'utilisation du papier obtenu dans

- les journaux, où la perte de blancheur n'est pas très importante,
- les lettres des sociétés (après blanchissement) qui pourront ainsi indiquer qu'elles sont à la pointe du progrès et de la lutte pour un meilleur environnement.

4.8.3. - Les procédés de réutilisation des ordures ménagères, qui ne parviennent que difficilement à maturité, faute d'attention suffisante :

le seul objectif actuel des municipalités semble être en effet une élimination satisfaisante électoralement, à un coût pas trop élevé. Les constructeurs renforcent la stabilité de cette situation ; ils ont des produits bien au point, qu'ils arrivent à vendre aux municipalités. La démonstration de quelques formes de réutilisation qui paraissent spécialement prometteuses et qui serviraient d'exemples, débloqueraient cette situation :

- la mise en décharges contrôlées pouvant être ensuite convertie en parcs d'agrément (ou golfs, ou collines artificielles, etc.), ou réexploitées (*cf. les terrils du Nord*),

- la pyrolyse, pour obtenir - soit du gaz "de ville" distribuable aux habitations,  
- soit, de préférence, du fuel BTS<sup>(1)</sup> pour centrale thermique.

4.8.4. - Il faut cependant être prudent dans le développement de tels procédés : le recyclage des ordures est actuellement freiné par l'existence de moyens d'élimination (incinérateurs), alors même que cela ne se justifie plus économiquement : les notions courantes sur les coûts sont telles que l'on entend parfois dire : "Mais il faut amortir nos installations" ; on a oublié que les comparaisons doivent se faire uniquement sur les recettes et dépenses réelles et futures.

L'incinération, en particulier, n'est souvent plus qu'une solution de facilité intellectuelle.

---

(1) Basse teneur en soufre.

#### 4.9. - On peut mener des actions de formation

4.9.1. - Pour éviter de tels oublis, pour éviter que des possibilités de récupération soient négligées, pour faciliter l'action des récupérateurs, il sera utile de former les gens.

Il faut le faire, par exemple pour les ordures ménagères :

- au niveau des constructeurs, pour que ceux-ci (comme reconnaissons-le, ils commencent à le faire) développent des procédés nouveaux ;

- au niveau des municipalités et des usines productrices, pour les intéresser au problème des rejets et de leur utilisation ;

- au niveau du public, pour des buts multiples (ont déjà été cités : séparation des déchets et consommation des produits recyclés) dont en particulier faire pression sur leurs municipalités (élections...) pour inciter au développement de la récupération chez eux.

Une information poussée (conférences, articles de presse, films, etc.) est le meilleur moyen d'y arriver.

4.9.2. - D'autres actions de formation sont également utiles : par exemple, il serait utile que chacun soit informé de la possibilité d'envoyer ses rejets à un récupérateur. Pour cela, il est nécessaire d'améliorer l'image sociale de la récupération.

La profession de récupérateur a perdu la bonne image de marque qu'elle avait autrefois. Le comportement de certains de ses membres gros ou petits - et même si leur nombre est restreint - y fut peut-être pour beaucoup. Il reste que même les entreprises dynamiques ont du mal à trouver des employés (à tous les niveaux, y compris de cadres) compétents et motivés.

Une action fondamentale pour le long terme est de faire cesser cette situation

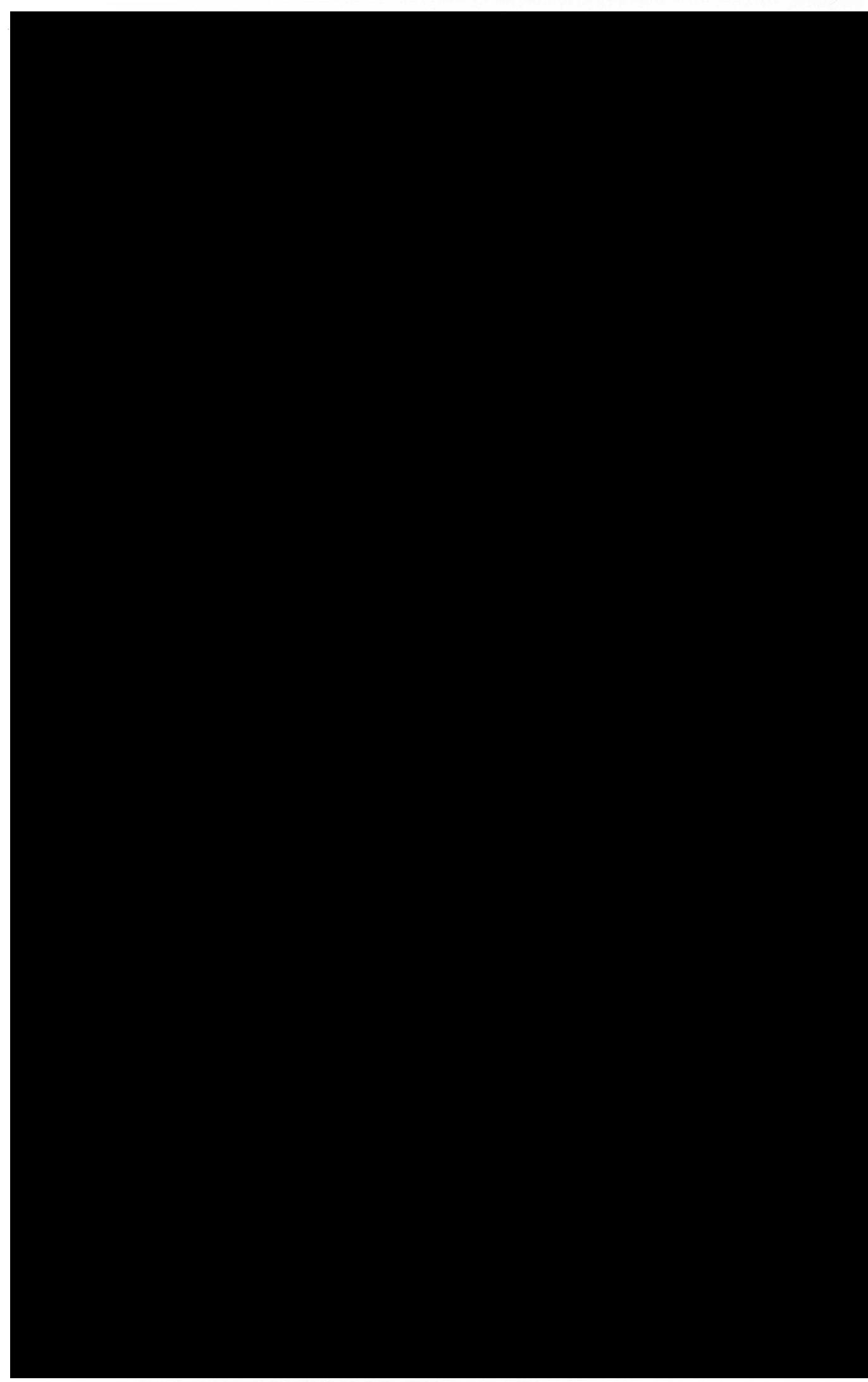
- soit en redonnant à la profession une image de marque suffisante pour que des gens de qualité y entrent,

- soit en provoquant l'orientation vers le recyclage de sociétés de domaines voisins, et riches en éléments dynamiques.

4.9.3. - Une action de même nature serait aussi possible et résoudrait tous les problèmes de la récupération, en même temps que beaucoup d'autres : convaincre tous les Français de réduire le nombre d'enfants qu'ils font à 2,2 (ce qui assurerait une population constante) et de se convertir à l'hindouisme (ce qui, mettant les valeurs spirituelles au-dessus de la réussite financière sociale ou du bien-être matériel, assurerait la constance de la demande en matières premières).

Ce serait pourtant la solution idéale au problème de la croissance, et il faut féliciter certains esprits ouverts, peut-être trop en avance sur leurs contemporains, de l'avoir proposée comme programme politique pour l'Europe.

Il semble encore difficile de la mettre en oeuvre.



## CONCLUSION G E N E R A L E

Les Parques donnèrent à Thétis aux pieds d'argent et à son fils, le valeureux Achille, le choix entre "beaucoup d'ans sans gloire ou peu de jours et une gloire impérissable".

L'humanité se trouve maintenant confrontée à un choix analogue entre niveau (au sens propre) de vie matériel et persistance.

Le recyclage apparaît comme un moyen de retarder ces choix : il permet de pallier, pour un temps, une limite à la croissance : le manque de matières premières.

Encore faut-il le mettre en oeuvre sur une grande échelle, sans s'attarder sur des problèmes de coûts dictés par des prix de marché sans signification. Pour y parvenir, de nombreuses mesures sont possibles. Elles sont souvent à long terme.

Elles passent par deux mesures préliminaires, qui peuvent être prises rapidement

- améliorer la connaissance de l'offre et de la demande de déchets et des circuits de récupération,
- sensibiliser le public au recyclage.

Il faut agir, sans quoi il sera possible, dans quelques milliers d'années, à un archéologue termite, de dire à propos de l'humanité :

*Fluctuavit Nunc Mergitur !*

## T A B L E   D E S   A N N E X E S

- Annexe 1 - Démonstration de l'influence de la durée de vie sur le taux de réincorporation
- Annexe 2 - Démonstration de la possibilité de supposer la durée de vie fixe
- Annexe 3 - Le recyclage dans un modèle du type club de Rome
- Annexe 4 - Coefficients techniques de production des déchets
- Annexe 5 - Durées de vie actuelles
- Annexe 6 - Coût d'une expérience de collecte sélective
- Annexe 7 - Effet des impuretés dans les ferrailles
- Annexe 8 - Lexique du recyclage
- Annexe 9 - Tableau des enquêtes utiles
- Annexe 10 - Bibliographie

ANNEXE 1

- 1) Soit  $S_j$  le stock de métallium en usage au 1er janvier  $j$   
 $C_j$  la consommation de métallium pendant l'année  $j$   
 $r_j$  les rejets de métallium pendant l'année  $j$   
 $i$  le taux de croissance annuel de  $s_n$   
 $p$  la durée de vie initiale des produits en métallium  
 $n$  la durée de vie allongée des produits en métallium  
 $q = n - p$

$c, r,$  seront affectés d'une étoile dans le cas où la durée de vie est allongée.

On suppose  $i > 0, q > 0, p > 0$

- 2) On a :

$$s_{j+1} = (1+i) s_j \quad (1)$$

$$s_{j+1} = s_j + c_j - r_j \quad (2)$$

$$r_j = c_{j-p} \quad (3)$$

$$r_j^* = c_{j-n}^* \quad (4)$$

On en déduit :

$$s_j = \left( \sum_{k=1}^p c_{j-k} \right) + s_{-\infty}$$

et comme

$$s_{-\infty} = \frac{s_0}{(1+i)^\infty} = 0, \text{ en particulier}$$

$$s_0 = \sum_{k=1}^p c_{-k}$$

- 3) en temps normal, le taux de réincorporation est  $\tau_j = \frac{r_j}{c_j}$

comme le système de suites récurrentes (1), (2), (3) admet pour solution, tant que la durée de vie est  $p$  :

$$s_j = (1+i)^j s_0$$

$$r_j = (1+i)^j r_0$$

$$c_j = (1+i)^j c_0$$

avec

$$r_0 = (1+i)^{-p} c_0$$

$$s_0 = \sum_{k=1}^P (1+i)^{-k} c_0 = c_0 \frac{1-(1+i)^{-k-1}}{1-(1+i)^{-1}}$$

$$= \frac{c_0 i}{1+i} |1 - (1+i)^{-k-1}|$$

On a  $\tau_j = \frac{r_j}{c_j} = \frac{(1+i)^j r_0}{(1+i)^j c_0} = \frac{r_0}{c_0} = (1+i)^{-P}$

$$\tau_j = (1+i)^{-P} \text{ constant, soit } \tau$$

Si à l'instant 0 (par exemple), la durée de vie devient  $n$ , les équations (1) (2) (3) s'appliquent toujours pendant  $p$  années : les produits de durée de vie  $p$  expirent peu à peu.

Le taux de réincorporation reste constant pendant  $p$  années.

Ensuite, de l'instant  $p$  à l'instant  $n$ , l'équation (3) doit être remplacée par

$$r_j^* = 0$$

Le taux de réincorporation devient nul

comme (1) reste valable,  $s_j = (1+i)^j s_0$  est toujours vrai.

$C_j^*$  est solution de (2), où  $r_j^* = 0$ , soit

$$s_{j+1} = s_j + C_j^*$$

$$\implies C_j^* = s_{j+1} - s_j$$

$$= i (1+i)^j s_0$$

$C_j^*$  est inférieur à  $C_j$ , pour les valeurs usuelles de  $i$  et  $p$  tout au moins, car

$$\frac{C_j^*}{C_j} = \frac{i(1+i)^j s_0}{(1+i)^j c_0} = i \sum_{k=1}^P (1+i)^{-k} < 1$$

Après l'instant  $n$ , les produits ayant la nouvelle durée de vie expirent. Les équations (1) (2) (4) s'appliquent donc

$$s_{j+1} = (1+i) s_j \quad (1)$$

$$s_{j+1} = s_j + C_j^* - r_j^* \quad (2)$$

$$r_j^* = C_{j-n}^* \quad (4)$$

(1) a toujours pour solution

$$s_j = (1+i)^j s_0$$

(2) peut se mettre sous la forme

$$C_j^* - r_j^* = i (1+i)^j s_0 \quad (5)$$

(4) et (5) montrent que  $C_j^*$  et  $r_j^*$  sont du type

$$\begin{aligned} C_j^* &= (1+i) C_{j-1}^* \\ r_j^* &= (1+i) r_{j-1}^* \end{aligned} \quad \text{si } C_{j-n}^* = (1+i) C_{j-n-1}^*$$

Le taux de réincorporation  $\tau_j^* = \frac{r_j^*}{C_j^*}$  est donc constant dans ces périodes.

Comme  $C_{j-n}^* = (1+i) C_{j-n-1}^*$  est vrai, sauf pour  $j$  multiple de  $n$ , ou  $j$  congru à  $p$  module  $n$ ,

le taux de réincorporation  $\tau_j^*$  passe donc par une série de paliers de durées  $p$  et  $q$  alternativement.

On montrerait assez facilement que les différentes valeurs de  $\tau_j^*$  tendent vers une limite  $\tau_\infty^*$  égale à

$\tau_\infty^* = (1+i)^{-n}$ , en l'encadrant, et même que la suite des paliers se décompose en une sous-suite d'indices pairs croissante, une sous-suite d'indices impairs décroissante.

On a bien évidemment  $\tau_\infty^* < \tau$

puisque  $n > p$

Montrons que l'on a même en permanence  $\tau_j^* < \tau$  puisque la suite des paliers se décompose en deux sous-suites, l'une de termes (indices pairs) inférieure à  $\tau_\infty^*$ , l'autre décroissante (indices impairs), il suffit de la montrer pour  $\tau_n^*$ .

$r_n^*$  et  $C_n^*$  sont solutions de :

$$s_{n+1} = s_n + C_n^* - r_n^* \quad (2)$$

$$r_n^* = C_0 \quad (4)$$

$$\text{soit } C_n^* = s_0 i (1+i)^n + C_0$$

Comparons  $\tau$  et  $\tau_n^*$ , en formant

$$\begin{aligned} \frac{1}{\tau_n^*} - \frac{1}{\tau} &= \frac{s_0 i (1+i)^n + C_0}{C_0} - (1+i)^p \\ &= 1+i (1+i)^n \frac{1-(1+i)^{-p-1}}{1-(1+i)^{-1}} - (1+i)^p \\ &= 1+i (1+i)^{n+1} [1 - (1+i)^{-p-1}] - (1+i)^p \\ &= 1+(1+i)^{p+q+1} - (1+i)^q - (1+i)^p \\ &= [(1+i)^{p+1} - 1] \quad [ (1+i)^q - 1 ] + [(1+i)^{p+1} - (1+i)^p] \\ &\quad >0 \qquad >0 \qquad >0 \end{aligned}$$

$$\text{donc } \frac{1}{\tau_n^*} - \frac{1}{\tau} > 0 \quad \longrightarrow \quad \underline{\tau_n^* < \tau}$$

5) On montrerait par un calcul analogue que  $r_n^* < r_j$ . L'allongement de la durée de vie diminue la quantité de rejets<sub>j</sub> produite.

6) La quantité à extraire du sol est la part de la consommation non satisfaite par le recyclage, soit

$$\begin{aligned} e_j &= C_j - r_j \quad (\text{à taux de collecte } \sigma = 100\%) \\ &= s_{j+1} - s_j = i (1+i)^j s_0 \end{aligned}$$

$e_j$  ne dépend pas de la durée de vie

7) Si le taux de collecte  $\sigma$  devient moindre, on doit extraire

$$\begin{aligned} e_j &= C_j - \sigma r_j \\ &= C_j - r_j + (1-\sigma) r_j \\ &= s_{j+1} - s_j + (1-\sigma) r_j \end{aligned}$$

avec une durée de vie  $n$

$$e_j^* = s_{j+1} - s_j + (1-\sigma) r_j^*$$

comme  $r_j^* < r_j$

$$\underline{e_j^* < e_j}$$

Si tous les rejets ne sont pas recyclés, l'allongement de la durée de vie permet de réduire l'extraction minière.

ANNEXE 2

La fonction de probabilité de la durée de vie est une fonction de Gauss de type

$$f(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(x-d_0)^2}$$

où  $d_0$  est la durée de vie moyenne (en réalité  $f(x) = 0$  si  $x \leq 0$ , mais pour  $d_0$  suffisant, l'erreur est infime). La production suit la loi déjà indiquée à l'annexe 1.

$$p(j) = (1+i)^j p_0$$

que l'on rend continu en

$$p(j) = e^{ij} p_0$$

avec une erreur également négligeable

Les déchets sont alors, en l'année  $r$

$$\begin{aligned} D(r) &= \int_0^{\infty} f(d) p(r-d) dd \\ &= \int_0^{\infty} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(d-d_0)^2} p_0 e^{i(r-d)} dd \\ &= \frac{hp_0 e^{ir}}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-h^2(d-d_0 + \frac{i}{2h^2})^2} e^{-h^2[d_0^2 - (d_0 - \frac{i}{2h^2})^2]} dd \\ &= \frac{hp_0}{\sqrt{\pi}} e^{ir-id_0} + \frac{i^2}{4h^2} \frac{1}{h} \int_0^{\infty} e^{-h^2(d-d_0 + \frac{i}{2h^2})^2} d [h(d-d_0 + \frac{i}{2h^2})] \end{aligned}$$

soit  $u = h(d-d_0 + \frac{i}{2h^2})$

alors  $D(r) = \frac{p_0}{\sqrt{\pi}} e^{i(r-d_0)} + \frac{i^2}{4h^2} \int_h (\frac{i}{2h^2} - d_0) e^{-u^2} du$

en ayant pris une durée de vie fixe  $d_0$ , on arrive à

$$\begin{aligned} D^*(r) &= p(r-d_0) \\ &= p_0 e^{i(r-d_0)} \end{aligned}$$

On a donc ici un coefficient multiplicatif correcteur

$$K = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{i^2}{4h^2}} \int_{\frac{i}{2h} - d_0 h}^{\infty} e^{-u^2} du$$

en pratique

$$\begin{array}{l} i < 0,1 \\ d_0 > 5 \\ h > 0,2 \end{array} \quad \text{souvent plus}$$

$\frac{i}{h}$  est donc petit, et on peut approximer

$$K = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(1 + \frac{i^2}{4h^2}\right) \int_{-d_0 h}^{\infty} e^{-u^2} du$$

$$K = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(1 + \frac{i^2}{4h^2}\right) \left| \sqrt{\pi} - e^{-2d_0^2 h^2} \right|$$

avec les données habituelles

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(1 + \frac{0,01}{0,16}\right) (\sqrt{\pi} - e^{-1}) \\ &= \left(1 + \frac{1}{16}\right) \left(1 - \frac{e^{-1}}{\sqrt{\pi}}\right) \\ &= (1 + 0,062) (1 - 0,2) \\ &= 1 - 0,15 \end{aligned}$$

L'erreur faite en supposant la durée de vie constante est donc, déjà pour  $h = 0,2$  (écart type 5 ans) de moins de 15%. C'est une erreur par excès.

### ANNEXE 3

#### Le recyclage dans un modèle du type club de Rome

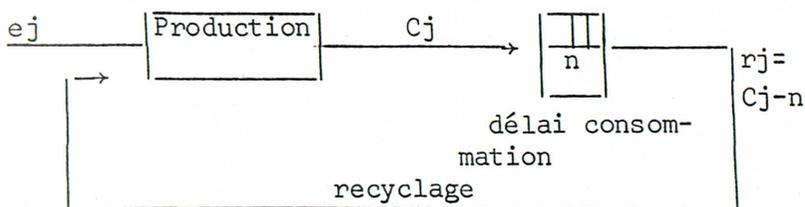
Ce que nous avons dit au sujet de l'offre et de la demande permet de faire rentrer dans un modèle le recyclage, en même temps d'ailleurs que d'autres notions : la durée de vie, certaines formes de "technologie douce" (technologie sans déchets ou avec peu de déchets).

Avec les notations de l'annexe 1 l'offre totale de déchets à une époque  $j$  est  $d_j$ , et provient - des déchets de fabrication, produit de la consommation  $C_j$  par un coefficient technique  $K_j$ ,  
- des débris, qui sont les objets fabriqués  $n$  années avant.

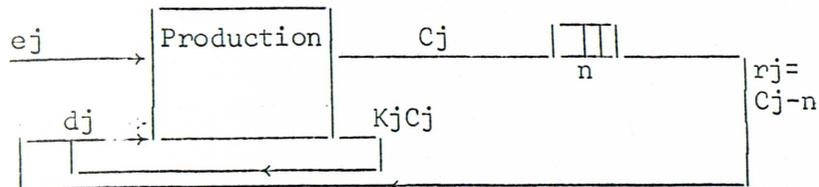
$$\text{Donc } d_j = K_j C_j + C_{j-n}$$

*Remarque* : dans l'annexe 1, on avait considéré uniquement les débris, c'est-à-dire que l'on avait pris  $r_j = d_j - K_j C_j$  ; comme les déchets sont recyclés à l'intérieur de l'usine immédiatement, ceci revenait à considérer le processus de production comme une "boîte noire". On utilise ici un modèle plus fin.

Modèle de l'annexe 1



Modèle de l'annexe 3



L'effort technique consacré au recyclage se manifeste par des taux de collecte  $\sigma$  sur les déchets et  $\sigma'$  sur les débris ( $0 < \sigma < 1$   $0 < \sigma' < 1$ ) (c'est-à-dire que d'une part on crée les circuits nécessaires à la collecte, d'autre part on a des procédés de fabrication adaptés à l'absorption de cette offre de déchets).

La "consommation en ressources non renouvelables", c'est-à-dire l'extraction minière est donc

$$\underline{e_j = C_j (1 + K_j) - \sigma_j K_j C_j - \sigma'_j C_{j-n}}$$

La pollution engendrée par le recyclage peut être considérée comme proportionnelle à ce qui est recyclé. Par contre, la mise en décharge contrôlée des déchets non recyclés ne pollue que très peu. On peut donc négliger la pollution économisée par la non-décharge. La pollution engendrée est donc

$$p_j = \lambda_j \sigma_j K_j C_j + \mu_j \sigma'_j C_{j-n}$$

Les variables d'action sont

- l'effort pour produire avec peu de déchets :  $K_j$
- l'effort sur le recyclage - des déchets  $\sigma_j$
- des débris  $\sigma'_j$
- l'effort pour recycler par des moyens peu polluants - les déchets  $\lambda_j$
- les débris  $\mu_j$

A N N E X E 4

Coefficients techniques de production des déchets

	<i>(en % de production recherchée)</i>
Fonderie de cuivreux par centrifugation	200
coulée continue	100
au sable	50
Demi-produits cuivreux	
conducteurs	10
tubes	50
laminés	40
barres de décolletage	10
en laiton	
laminés	70
barres	40
tubes	140
en cupronickel	
tubes	140
laminés	70
Ferrailles	
estampages, forgeage	24
<i>(France, 69)</i>	
tubes soudés	9
tubes sans soudures	13
tréfilage	7
machines non électriques	16
machines outils	27
machines agricoles	25
tracteurs agricoles	24
gros usinage	26,5
rectification	23
pièces d'engins tournants	20
engrenages	29
construction électrique	25
locomotives	12
automobiles	27,5
construction métallique	6
<i>(U.S.A.)</i>	
industrie automobile	31
construction navale	23
industrie mécanique	26
machines agricoles	19
ustensiles ménagers	15
petits appareillages	17
containers	12

## ANNEXE 5

### Durée de vie

#### Cuivre

échangeurs et moteurs	10 ans
transformateurs	15 ans
générateurs	25 ans
moteurs	10 ans
cables	30 à 35 ans
tubes	60 à 80 ans
cables téléphoniques	10 ans
conducteurs automobiles	10 ans
caténaires	20 ans
toitures	50 ans
équipement domestique	5 ans

#### Zinc

toitures	25 à 30 ans
----------	-------------

#### Papier

emballages	< 1 an
cartes perforées	1 an
archives	10 ans
livres	20 ans
journaux, revues	< 1 an

#### Ferrailles

automobiles	10 ans
bâtiment	35 ans
machines	15 ans

## A N N E X E 6

### Coût d'une expérience de collecte séparée

Les hypothèses suivantes sont faites

- 1) ville de 50 000 habitants ;
- 2) production de 0,8 kg/j/ha  
soit 40 t/j
- 3) on collecte séparément
  - 1) les emballages et papiers propres, soit 40%
  - 2) les putrescibles, papiers souillés, boîtes sales, etc., soit 60% ;

4) la collecte, quotidienne, est faite en 2 tournées, par 4 bennes classiques (pour les putrescibles) munies de remorques (pour les emballages propres). Chaque camion a donc besoin d'un conducteur et de quatre chargeurs (au lieu d'un conducteur et deux chargeurs en temps normal) (bennes de 5 tonnes avec un coefficient de tassement 2).

- 5) On prend :
- |   |               |
|---|---------------|
| - coût d'une poubelle (25l)<br>(achat groupé de 5000)   | = 15 F        |
| - nombre moyen de personnes par ménage                  | = 3           |
| - salaire (charges sociales incluses)<br>d'un chauffeur | = 25 000 F/an |
| - salaire (charges sociales incluses)<br>d'un chargeur  | = 20 000 F/an |
| - coût (essence, etc.) par tournée                      | = 25 F        |

Avec la collecte séparée, l'adjonction d'une remorque permet de supprimer une benne en conservant 2 tournées (même en tenant compte de l'allongement de la durée de ramassage)

d'où les variations des dépenses effectives de collecte :

- |                            |               |
|----------------------------|---------------|
| - économie sur une benne : | - 90 000 F/an |
|----------------------------|---------------|

Il faut embaucher 6 chargeurs (dont 2 viendront en fait de la benne supprimée, mais les 90 kF ci-dessus comprennent l'économie sur les chargeurs

- |  |               |
|--|---------------|
|  | +120 000 F/an |
| - allongement des tournées (+ 10km par jour) | + 3 000 F     |
| - Achats                                     |               |
| -3 remorques                                 | + 60 000 F    |
| 5000 poubelles<br>(1 pour 3 foyers)          | + 75 000 F    |

- |             |   |            |
|-------------|---|------------|
| - Publicité | - relations publiques (journaux, locaux, etc.)                            | + 1 000 F  |
|             | - 3 prospectus à chaque ménage, envoyés par porteur : 0,40F/message/foyer | + 18 000 F |
|             | - Affichage   | + 30 000 F |
|             | - Réalisation des affiches et prospectus: impression, divers              | + 20 000 F |
|             | - Concours, motivation des enfants, etc.                                  | + 20 000 F |

(Ces chiffres constituent une estimation qui néglige toutes les possibilités de publicité offerte (surfaces, affiches, etc.), l'écho de bouche à oreille, etc. qui d'une part sont les plus efficaces, d'autre part sont moins chères. Ils sont donc probablement une borne supérieure).

On récupère ainsi

- |   |                     |
|---|---------------------|
| - 40% d'emballage et de papiers propres contenant : | que l'on vend :     |
| 4% de verre   | 40 F/t              |
| 3% de métal   | 120 F/t (cours bas) |
| 33% de papier                                       | 100 F/t             |

et que l'on a séparé dans une usine simple, à un coût de 50 F/t

- 60% de papiers sales et putrescibles, que
  - soit l'on composte : le coût du compostage est à peu près égal au prix de vente du compost,
  - soit l'on pyrolyse : faute de données plus précises, on négligera le profit que l'on pouvait tirer de la vente du fuel et du charbon activé - certainement supérieur au coût de la pyrolyse elle-même.

On ne retiendra donc comme économie dans ce cas que celle qui est réalisée en évitant la mise en décharge des DS, soit 15 F/t.

La recette totale est alors de

recettes pures	- 550 000
coût de séparation	+ 300 000
économie sur la décharge	- 210 000
	<hr/>
	- 460 000

Une telle opération aurait donc un coût au départ de 260 000 F.

Elle permettrait, si tous séparent à la source les OM, un gain pour la collectivité de 460 000 F/an.

Si tous n'acceptent pas de séparer à la source, on peut admettre que (et c'est probablement exagéré) la moitié des putrescibles deviennent inaptes à la pyrolyse ou au compostage et doivent être mis en décharge.

Si par exemple 50% des gens séparent leurs emballages propres, les chiffres deviennent alors :

recettes pures	- 280 000
coût séparation	+ 150 000
économie sur la décharge	- 130 000
	<hr/>
	- 260 000

Dans des hypothèses très pessimistes (cours bas, coût de la séparation élevée, putrescibles très souillés par des matières dures) il suffit qu'un foyer sur deux sépare ses OM en deux catégories pour qu'une action de ce type soit rentable.

A titre de comparaison, voici maintenant le bilan de l'activité de récupération d'une commune anglaise parfaitement bien organisée (prix 1968/1969)

BOROUGH OF SUNDERLAND

- . Population 219 270 habitants
- . Tonnages de vieux papiers vendus 6100 t
- . Production/1000 hab/mois 2360 kg

Coût en francs

	Total	à la tonne
INVESTISSEMENTS		
. Constructions	221 760	36,0
. Installations	118 800	19,5
. Véhicules et remorques	213 840	35,1
	<hr/>	<hr/>
	554 400	90,6
DEPENSES DE FONCTIONNEMENT		
. Coût de ramassage	341 721	55
. Coût de mise en balles	237 322	38
. Frais administratifs et financiers	85 932	14
	<hr/>	<hr/>
	664 975	107
Prix de revient/tonne		107
Prix de vente/tonne		130
Bénéfice net/tonne		23
Amortissement annuel maximum possible		25%

Autrement dit, pour récupérer et traiter 6100 T/a, de vieux papiers, la municipalité a investi 554 400 F, mais l'amortissement du capital engagé peut s'effectuer en 4 ans.

## ANNEXE 7

### Effet des impuretés dans les ferrailles

1) Dans la fabrication des aciers spéciaux, les impuretés ne sont généralement que peu gênantes, mais il est primordial de connaître les teneurs en éléments non ferreux : on utilisera la ferraille dans la fabrication d'un alliage dont les teneurs en chaque constituant sont supérieures à celles des ferrailles.

(Par exemple on utilisera une ferraille contenant 5% de nickel dans la fabrication d'un acier inox (série 300), 18% Cr + 8% Ni + 74% Fe).

De telles ferrailles sont souvent même payées à des prix plus élevés que les ferrailles ordinaires, car le métallurgiste doit incorporer dans sa charge moins de chrome, nickel, etc., dont les prix sont supérieurs.

2) Les ferrailles constituent, dans les convertisseurs (Bessemer, Thomas, oxygène) moins de 30% de la charge. Les impuretés y sont donc diluées, souvent à un taux suffisant pour qu'elles ne soient plus nuisibles.

3) Parmi les impuretés

- Si, Al, Ti, B, Va etc. passent facilement dans le laitier
- Mn, P, S, sont souvent en grande partie éliminés pendant l'élaboration de l'acier
- Zn, Cd, Pb (partiellement) et tous les organiques sont volatilisés pendant la fonte du fer
- les autres métaux passent dans le métal final ; parmi ceux-ci le cuivre et l'étain rendent l'acier fragile à chaud, et donc le laminage et l'emboutissage à chaud délicat

Les teneurs maximales admissibles sont

- fer à béton 0,5%
- acier ordinaire 0,3%
- acier pour emboutissage 0,05%
- Ni, Co et Mb réduisent la soudabilité
- As rend l'acier fragile, à des teneurs très faibles (0,005%)

## ANNEXE 8

### Lexique du recyclage

#### 1 - Termes généraux

<i>Environnement</i>	Tout ce qui est autour de l'observateur (homme, entreprise, etc.).
<i>Pollution</i>	Le fait ou le résultat de polluer, c'est-à-dire de faire apparaître dans l'Environnement quelque chose qui ne s'y trouvait pas autrement, et qui n'est pas désiré (par qui ?). De même que les Anciens distinguaient 4 éléments, on distingue pollution de l'air, de l'eau, solide et le bruit.

#### 2 - Rejets

<i>2.1 - Déchets (1)</i>	Ensemble de ce qui est produit par un procédé de fabrication, mais n'est pas désiré. Comprend chutes, erreur de fabrication, etc..
<i>Rejets</i>	Terme général, couvrant tout ce qui est jeté, déchets et débris.
<i>Débris</i>	Produits usés ou obsolètes, abandonnés après consommation.
<i>Rebut</i>	Pièces fabriquées, mais présentant des défauts les rendant impropre à la vente en tant que telle.
<i>Chutes</i>	Déchets produits obligatoirement lors de la fabrication d'une pièce. Ils résultent du sciage, tournage, estampage, découpage, etc..
<i>2.2 - Déchets sauvages</i>	Rejets abandonnés n'importe où dans le paysage.
<i>Emballages</i>	Ensemble des moyens permettant de transporter les objets de façon agréable et satisfaisante.
<i>Tournure, limailles, etc.</i>	Déchets produits par le tournage, limage, etc..
<i>Ordures ménagères</i>	Débris rejetés par les ménages.
<i>Camelote</i>	Tout ce qui a été jeté (traduction du mot anglais "junk").

---

(1) Ces termes sont parfois utilisés à tort, comme termes généraux. Il faut employer en fait récupération et rejets.

3 - Récupération

Terme général.

*Réutilisation*

Utilisation du rejet dans un nouvel emploi (avec transformation) (exemple : utilisation du verre dans des briques).

*Recyclage* (1)

Emploi du rejet dans une fabrication analogue à celle qu'il avait auparavant (exemple : utilisation de ferrailles dans la fabrication de l'acier).

*Réemploi*

Utilisation du rejet sans transformation.

*Recouvrement*

Terme incorrect : utiliser récupération (ne s'emploie que pour recouvrement d'une créance).

4 - Ressources

Ce qui peut être utilisé dans des emplois intéressants.

*Matières premières*

Ce qui sert à la fabrication d'un produit fini.

*Matériau vierge*

Matériau fabriqué à partir de minerais, et n'ayant donc jamais été utilisé.

*Matériau secondaire  
(ou de 2ème fusion)*

Matériau fabriqué à partir de rejets.

*Réserves*

Quantité de matières premières contenue dans la terre, connue, et exploitable dans les conditions économiques actuelles.

*Réserves maximales  
probables*

Quantité de matières premières, connue et à découvrir, exploitable dans les conditions économiques les plus favorables parmi celles qu'il est maintenant possible d'imaginer comme probables.

5 - Procédés

*Elimination*

Tout procédé faisant disparaître de la vue (et donc des sujets de discussion) les rejets.

---

(1) Ces termes sont parfois utilisés à tort, comme termes généraux. Il faut employer en fait récupération et rejets.

<i>Désencrage</i>	Elimination de l'encre déposée sur les papiers.
<i>Incinération</i>	Combustion des rejets pour réduire leur volume, et donc les coûts de transport.
<i>Collecte</i>	Ramassage par un moyen quelconque des rejets.
<i>Collecte séparée mêlée mélangée</i> }	Ramassage séparé de plusieurs catégories de rejets, préalablement triées par le rejeteur. Ramassage de tous les rejets, mélangés.
<i>Collecte sélective</i>	Ramassage d'un seul type de rejet, exclusivement ; par extension, ramassage de rejets classés en plusieurs catégories.
<i>Séparation manuelle</i>	Séparation à la main des substances de valeurs contenues dans les rejets (effectuée le plus souvent sur un tapis roulant par un ouvrier).
<i>Séparation automatique Séparation industrielle</i>	Séparation de constituants des rejets par des machines telles que classificateur à air, cribles, séparateurs magnétiques, etc..
<i>Compostage</i>	Fabrication de compost (sorte de fumier) à partir d'ordures ménagères.
<i>Broyage</i>	p.m..
<i>Tamisage - criblage</i>	p.m..
<i>Pyrolyse</i>	Chauffage en absence d'air (ou tout au moins insuffisance d'air) de rejets, de façon - soit à réduire le volume, - soit à récupérer des produits intéressants.
<i>Réduction</i>	Diminution.
<i>Transformation</i>	p.m.
<i>Compactage</i>	Réduction de volume par compression des rejets.

## 6 - Produits

<i>Calcin</i>	Verre brisé ; peut être fondu pour faire du verre.
<i>Glassphalt</i>	Mélange de verre et d'asphalte, utilisé comme revêtement de routes.
<i>Ferraille</i>	Déchets et débris de fer.
<i>Vieux papier</i>	p.m..

7 - Opérateur

Ceux qui agissent sur un marché.

*Producteur*

Celui qui produit des déchets.

8 - Taux

*Taux de collecte  
recyclage (2)*

rapport  $\frac{\text{quantité récupérée}}{\text{quantité jetée}}$ .

*Taux de réincorporation  
mise au mille  
récupération(2)*

rapport  $\frac{\text{quantité récupérée}}{\text{quantité de nouveaux produits fabriqués}}$ .

*Coefficient technique  
de production de déchets*

rapport  $\frac{\text{quantité de déchets produite}}{\text{quantité de produits souhaités fabriqués}}$   
(minimum technique ou en pratique)

*Coefficient technique  
d'absorption de déchets*

rapport  $\frac{\text{quantité de déchets qu'il est possible}}{\text{quantité de produits souhaités fabriqués}}$   
d'utiliser dans la fabrication

---

(2) Eviter ces dénominations.

Tableau des enquêtes complémentaires utiles

Ce que l'on cherche	Comment y arriver
Durée de vie des produits et ses raisons	E.A. (1) fabricants (2), utilisateurs de produits.
Coefficients techniques de production de déchets, et leurs explications	E.A. fabricants.
Coefficients techniques de consommation de rejets ; leurs raisons, et les obstacles à vaincre pour les augmenter	E.A. fabricants.
Que deviennent les O.M. non collectées	E.A. population dont les OM ne sont pas collectées.
Circuits actuels de récupération : tonnage traité, type de contrat, mode de ramassage, comptes d'exploitation	E.A. récupérateurs - ou si cela ne suffit pas : rendre la statistique obligatoire.
Stocks de rejets : place et importance	E.A. récupérateurs, fabricants.
Evolution du prix	E.A. éditeurs de Mercuriales (Usine Nouvelle, La Récupération).

(1) E.A. = Enquête auprès des

(2) Fabricants de produits.

A N N E X E 10

Bibliographie

- |1| Recyclage et récupération des rejets solides aux USA - G. BERMAN et rapports annexes (dits "GB").
- |2| Problèmes relatifs à la ferraille de fonte et d'acier - CEE-ONU.
- |3| Les vieux papiers en France.
- |4| Le cycle des déchets de métaux non ferreux DITEIM/BIPE.
- |5| Recycling, Thermodynamics and Environmental Thrift - S. BERRY, Bulletin of Atomic Scientist, May 1972.
- |6| Rapport au titre de la 2ème phase des travaux de préparation du VIè plan Comité Sidérurgie et Mines de fer, janv. 71.
- |7| Les résidus urbains - perspectives d'évolution. OTAM.
- |8| Les résidus urbains et les emballages - SEMA/Progrès et Environnement.
- |9| Les industries et les problèmes des déchets - DICTD/GEIE.
- |10| Eléments statistiques 1971 - Annales des Mines, août-sept. 72.