

## **Le recyclage – aspects stratégiques**

### **A. Fontana et C.G. Jung**

De tout temps, le recyclage a été une priorité pour l'homme. C'est une évidence pour les métaux précieux et objets de parure. A l'âge du bronze, les objets déclassés étaient récupérés pour être refondus et coulés sous forme d'ustensiles, outils ou éléments d'armements. A l'âge du fer, la production de ce métal était réservée aux régions propices riches en minerais accessibles et charbon de bois. Il en résultait un commerce important à longue distance qui justifiait le recyclage de ce métal qui était reconditionné dans des forges. Aujourd'hui, un nouveau moteur de développement réside dans des soucis écologiques et économiques. La théorie exposée par Pierce, fait état de ces deux aspects en évoquant les points de vue de l'Entreprise et celui des Collectivités c-à-d de la Société.

JEL Classifications:

Keywords: Déchets, recyclage, coûts de production, objectifs entreprise, objectifs société, recyclage et collectivités, incitants fiscaux.

CEB Working Paper N° 07/031  
2007

## **Le recyclage – aspects stratégiques**

André Fontana, Prof. Hon., Dr.Ir., C.Gisèle Jung, Dr.Sc.  
Université Libre de Bruxelles, Solvay Business School, Centre Emile Bernheim

### **A. Introduction**

De tout temps, le recyclage a été une priorité pour l'homme. C'est une évidence pour les métaux précieux et objets de parure. A l'âge du bronze, les objets déclassés étaient récupérés pour être refondus et coulés sous forme d'ustensiles, outils ou éléments d'armements. A l'âge du fer, la production de ce métal était réservée aux régions propices riches en minerais accessibles et charbon de bois. Il en résultait un commerce important à longue distance qui justifiait le recyclage de ce métal qui était reconditionné dans des forges.

Aujourd'hui, un nouveau moteur de développement réside dans des soucis écologiques et économiques. La théorie exposée par Pierce<sup>1,2</sup> fait état de ces deux aspects en évoquant les points de vue de l'Entreprise et celui des Collectivités c-à-d de la Société.

### **B. Le recyclage et l'Entreprise**

Illustrons cette théorie à l'aide de deux exemples concrets en métallurgie et un exemple pour l'industrie des polymères.

Pour ce qui est des métaux, le simple fait de fondre les mitrailles et de passer par l'état liquide efface tout leur passé structurel. Ils peuvent donc être recyclés à l'infini, sauf si certaines impuretés difficiles à éliminer sont présentes, à l'instar du cuivre dans l'acier (peste du cuivre).

#### a) La sidérurgie

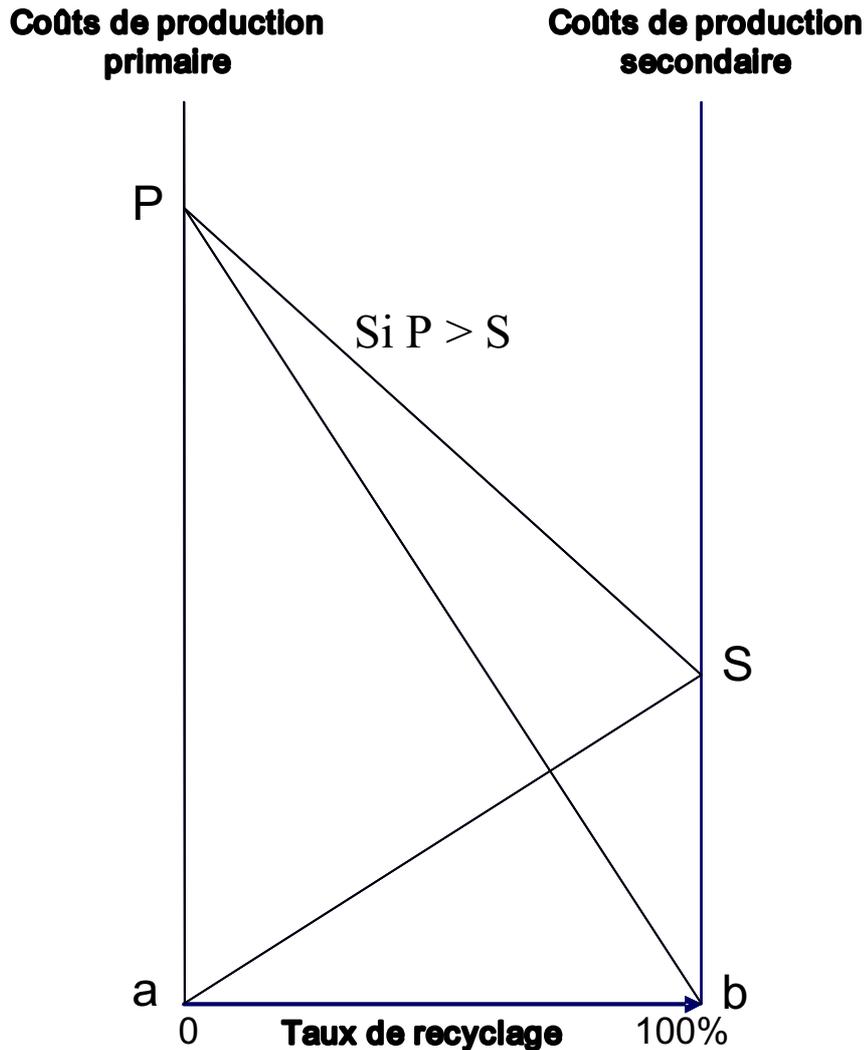
En *sidérurgie intégrée*, après une préparation très poussée du minerai et du réducteur (coke), on procède à une fusion réductrice (haut fourneau) puis à une fusion oxydante (convertisseur). On termine par un affinage réducteur et à une mise à nuance avant coulée continue et mise en forme finale. Lors de l'opération de conversion, il est impératif d'ajouter des mitrailles à raison de 150 à 250 kg par tonne d'acier produit.

En *sidérurgie électrique*, ou anciennement en aciérie Martin, l'acier est produit intégralement à partir de mitrailles. Après fusion de la charge, on opère à un affinage oxydant suivi d'une mise à nuance avant coulée continue et mise en forme finale.

Le secteur sidérurgique a donc été de tous temps demandeur de mitrailles d'acier, ce qui justifie l'existence d'une activité secondaire de récolte et de tri de mitrailles qui sous tend un marché réel (de 125 à 135€/t pour des mitrailles d'acier ordinaire).

Il est intéressant de constater que la production d'acier par la voie électrique permet, outre une valorisation matière réelle, une sérieuse économie au niveau importation de minerai et de charbon et une diminution d'émission directe de CO<sub>2</sub>. Par contre la consommation d'énergie électrique est importante (800 kWh/t) mais peu polluante s'il s'agit d'énergie renouvelable (hydroélectrique) ou nucléaire.

Il est possible d'établir un graphique qui représente les coûts de production en fonction du taux de recyclage connaissant les coûts de production primaire (P) et les coûts de production à partir de matières premières secondaires (S) (fig. 1). Idéalement, la courbe PS permet d'estimer les coûts de production du produit issu de l'industrie incorporant progressivement des matières premières secondaires :  $PS = bP + aS$ .



**Fig. 1. Coûts de production en relation avec le taux de recyclage  $S < P$  (métallurgie).**

Il est intéressant de montrer que le taux de recyclage a une influence directe sur le coût de production global pour une entreprise qui dispose des deux outils, intégré et électrique. En période de basse conjoncture, le marché des mitrailles est dépressif en raison d'une demande insuffisante, ce qui conduit à une augmentation de rentabilité des aciéries électriques. Par contre, en période de haute conjoncture, la production par la voie électrique est moins intéressante en raison du coût élevé des mitrailles. C'est donc le point S du diagramme qui peut être influencé par la situation économique.

#### b) L'industrie de l'aluminium

L'industrie de l'aluminium s'est développée de manière intense depuis le début du XXe siècle grâce à la maîtrise des procédés électrochimiques. L'aluminium étant un métal très réactif, il ne peut pas être affiné, de sorte qu'il ne peut être produit qu'à partir d'un composé chimique très pur, l'alumine.

En *métallurgie intégrée*, après préparation du minerai bauxite, une première étape consiste en la préparation d'alumine pure (par exemple par le procédé Bayer). On procède ensuite à une électrolyse de l'alumine à 1000°C dans un bain de sels fondus. L'aluminium produit est alors mis à nuance dans des fours de fusion, puis transformé en produit fini. Il faut savoir que

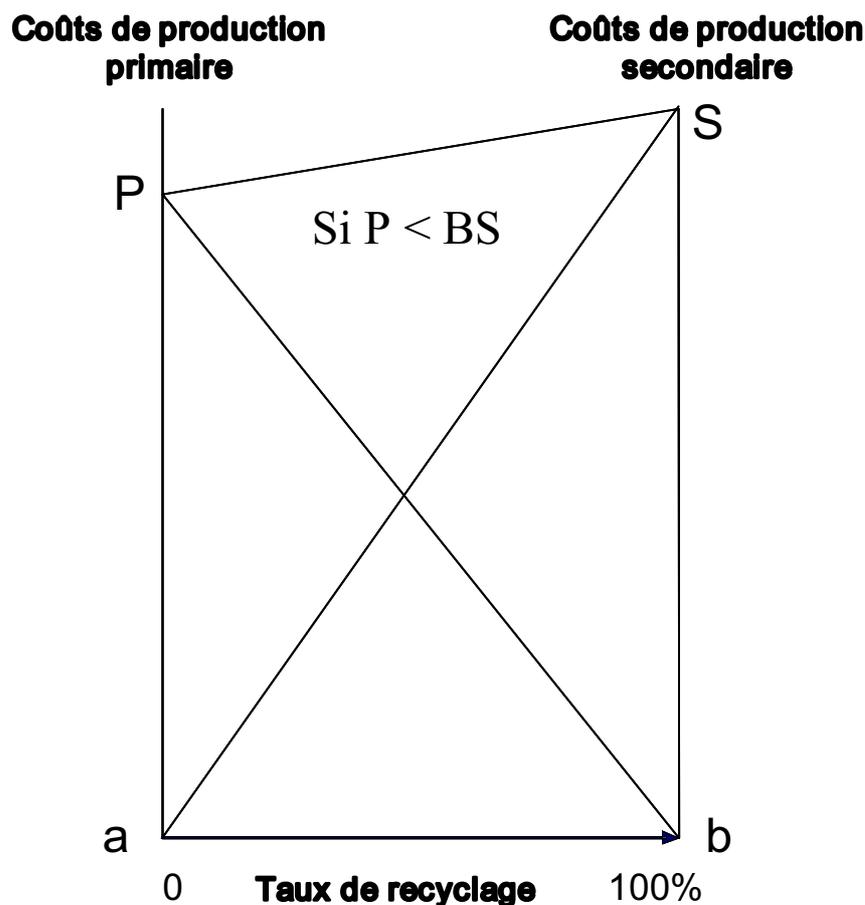
l'électrolyse seule nécessite de l'ordre de 15.000 kWh par tonne d'aluminium produit, ce qui équivaut à un poste énergétique de 900 Euros à la tonne.

L'industrie du recyclage de l'aluminium est florissante et permet d'éviter les étapes de production d'alumine et d'électrolyse. Les mitrilles d'aluminium sont fondues et mises à nuance avant d'être transformées en produits finis. Compte tenu du marché des mitrilles d'aluminium (1.000€/t), le différentiel entre les coûts des deux filières (P - S) est tel que sans un recyclage intensif de ce métal, les prix de vente sur les marchés internationaux ne pourraient être ce qu'ils sont aujourd'hui.

Pour les mitrilles d'autres métaux on atteint 4.300€/t pour le cuivre, et de 1.200 €/t pour l'acier inoxydable.

### c) L'industrie des polymères

La problématique du recyclage des matières plastiques est beaucoup plus complexe. En effet, après tri, certains polymères tels le polystyrène, le polyéthylène téréphtalate et l'ABS, peuvent être aisément réintégrés dans des filières de production. Il en résulte que les industries payent les collectivités pour accéder à ce gisement (de 5 à 80€/t selon le cas et la qualité des matériaux triés). Les coûts de production secondaires S sont plus élevés que les coûts de production primaires P, de sorte que l'entreprise n'a aucun intérêt à procéder à leur recyclage. La figure 2 représente dans ce cas un diagramme de coûts de production en fonction du taux de recyclage. Certains déchets plastiques tels le PVC et le PE sont triés et doivent suivre des filières de valorisation coûteuses.



**Fig. 2. Coûts de production en relation avec le taux de recyclage (P<S).**

Il s'en suit que les entreprises se font payer par les centres de tri pour traiter ce type de déchets (de 25 à 100€/t), ce qui est paradoxal puisque leur contenu énergétique à lui seul équivaut à de l'ordre de 200€/t. Leur recyclage impose donc une surcharge aux collectivités qui doivent s'en séparer, alors qu'une valorisation énergétique pourrait s'avérer plus économique, par exemple en tant que combustibles de substitution<sup>3</sup>.

Il est donc indéniable que le recyclage des matières a un effet certain sur les marchés des produits finis. Pour l'Entreprise, si le coût de production secondaire (à partir de produits recyclés) est inférieur au coût de production primaire (à partir de matières premières nobles), il y a tout intérêt à développer des technologies mettant en œuvre des matières premières secondaires.

La problématique se situe au niveau du taux de recyclage qui n'est pas maîtrisé par les entreprises, mais bien par les Collectivités.

### **C. Le recyclage et les Collectivités**

Pour ce qui est des industries, celles-ci procèdent de plus en plus au recyclage interne de leurs déchets de production.

Les collectivités sont confrontées à la problématique de l'élimination des déchets ménagers et industriels banals. Les centres de tri sont aujourd'hui opérationnels et on assiste à quatre formes de tri des déchets :

- Le tri volontaire à la source au niveau collecte à domicile
- Le tri volontaire à la source par apport volontaire aux déchetteries
- Le tri manuel ou automatique en centres de tri

Les collectivités sont aujourd'hui à même de classer les déchets en diverses catégories (papiers et cartons, verres, emballages, déchets verts, piles usagées, déchets de construction, déchets électroménagers, pneus, batteries, huiles usagées, etc...). De plus, les centres de tri génèrent eux-mêmes des déchets dont des plastiques en mélange.

Chaque catégorie de déchets triés peut rejoindre des filières de valorisation à condition de répondre à des prescriptions techniques minimales (PTM).

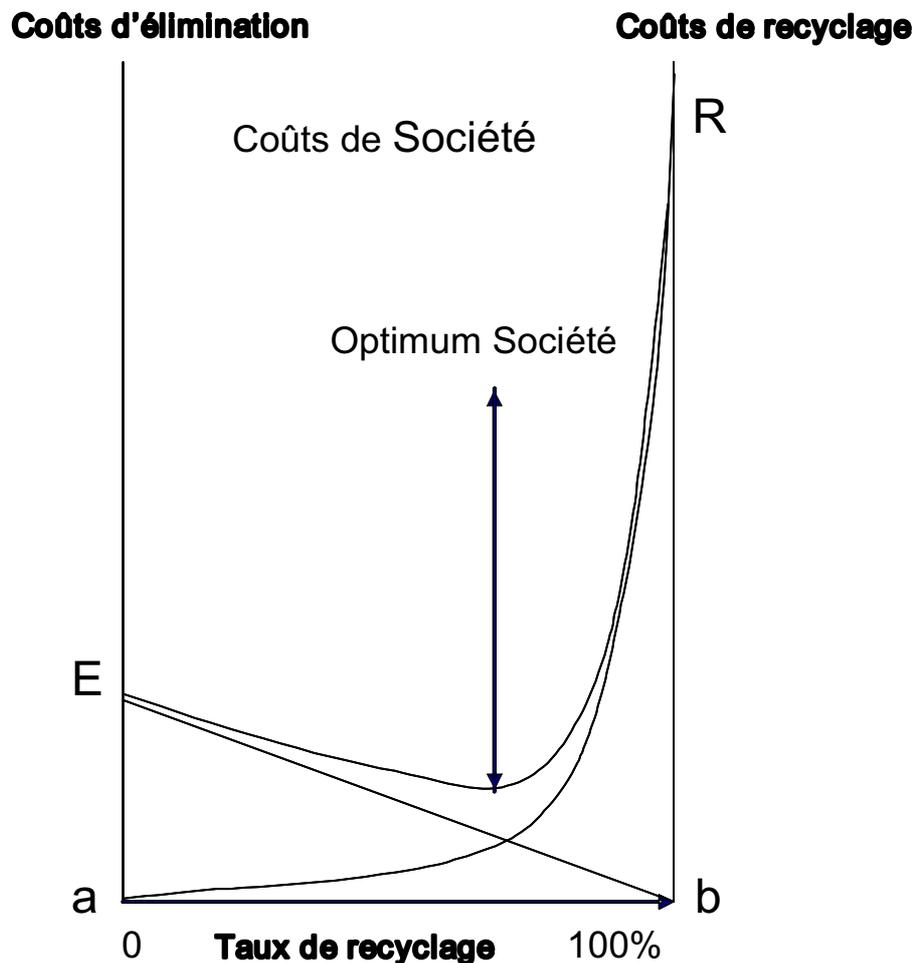
La collectivité se trouve donc sous pression des pouvoirs publics et de la population pour assurer un recyclage optimal dans des conditions économiques acceptables, et sous celle des entreprises en mesure d'accepter ces matières premières secondaires.

On peut dès lors établir un diagramme de coûts analogue à celui dressé pour les entreprises (fig. 3). En absence total de recyclage, la collectivité doit assumer un coût d'élimination (E) qui comporte des coûts réels (coûts de mise en décharge) et des coûts indirects difficiles à chiffrer avec précision, tels :

- Emissions de CO<sub>2</sub> liés à la surconsommation d'énergie
- Epuisement des ressources naturelles en minerais et combustibles
- Déficit de la balance commerciale dû à l'importation de minerais et combustibles
- Attentes à l'environnement suite à la mise en décharge
- .....

Le recyclage, quant à lui génère des coûts directs pour la Collectivité (R) qui résultent principalement des frais de collecte et de tri. Un recyclage total (à 100%) est irréaliste à ce point de vue car il faudrait accéder à tous les gisements potentiels de déchets. C'est la raison pour laquelle le point R est très élevé ( $R > E$ ).

La courbe ER représente la somme des deux courbes  $bE$  et  $aR$ . Elle présente un minimum dont l'abscisse correspond au taux de recyclage optimal pour la Société\*.



**Fig. 3. Coûts de Société en relation avec le taux de recyclage ( $E < R$ ).**

Si aucun incitant n'est proposé aux collectivités, celles-ci opéreront donc à leur taux optimal pour chaque matière et imposeront donc un taux de recyclage aux entreprises.

Il est à noter qu'après tri, certaines matières, telles des plastiques en mélange, triées ne peuvent être évacuées d'un centre de tri que moyennant un coût d'élimination.

Si, pour des raisons environnementales ou politiques, les pouvoirs publics veulent inciter à augmenter le taux de recyclage pour un produit donné, il y a lieu de prévoir des incitants fiscaux. Ces incitants fiscaux sont de diverses natures telles :

- Prime au centre de tri au tonnage évacué;
- Soutiens aux centres de tri pour pouvoir payer les entreprises pour la reprise des produits triés
- Primes d'investissements pour le financement de filières spécifiques (par exemple écotaxes sur les pneus, électroménagers, piles réaffectées aux filières de valorisation)

\* Ce résultat est différent pour chaque type de déchet

- Primes aux firmes de recyclage en fonction des tonnages recyclés;
- Modification des habitudes d'achat par exonération ou diminution du taux de TVA sur certains produits recyclables

Ces incitants ont pour effet d'abaisser le point R, ce qui va entraîner un déplacement de l'optimum de Société vers la droite (taux de recyclage plus élevé).

Si les centres de tri doivent payer un « fee » pour faire traiter les produits qu'ils tentent à recycler, il en résultera une augmentation du coût R pour la Société et une diminution correspondante des coûts de production secondaires pour l'entreprise (point S de la figure 1). Recycler à tout prix n'est donc pas intéressant dans ce cas.

En tout état de cause, une telle approche permet d'identifier les filières incomplètes et les domaines pour lesquels le développement de nouvelles filières / technologies de recyclage s'imposent. Les Pouvoirs Publics pourraient donc établir des échelles de priorité pour subventionner R&D dans ce domaine.

---

<sup>1</sup> D.W. Pierce, Fiscal intensives and the economics of waste recycling : problems and limitations, Fiscal Policy and the environment, Institute of Fiscal Studies, London, 1974.

<sup>2</sup> D.W. Pierce, Reclamation and Recycling, in Making the most of Materials, Research Science Council, Swindon, UK, 1979.

<sup>3</sup> C.G.Jung, A.Fontana, Production of Gaseous and Liquid Fuels by Pyrolysis and Gasification of Plastics: Technological Approach, chapter 10 in Feedstock Recycling and Pyrolysis of waste plastics, edited by John Scheirs and Walter Kaminsky, Wiley Chichester, UK, pp 251-283