

# APPAREILS ÉLECTROMÉNAGERS EN FIN DE VIE MÉTHODES D'ESTIMATION DES FLUX

Gérard Bertolini\*

Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique

Les flux d'appareils électroménagers en fin de vie sont susceptibles d'être estimés :

- soit par voie directe : quantification des flux de déchets correspondants collectés ou/et traités,
- soit par voie indirecte, suivant deux méthodes :
  - connaissance des ventes d'appareils neufs et estimation de leur durée de vie,
  - confrontation des états successifs du parc.

L'article examine les avantages et les limites ou contraintes de ces différentes méthodes et fournit des résultats quantitatifs obtenus par voie indirecte.

The flows of the electrical domestic appliances at the end of their life may be estimated :

- directly, by quantification of the waste flows which are collected or/and treated,
- indirectly, by two methods :
  - knowledge of the sales of (new) appliances and estimation of their lifelength,
  - knowledge and time comparison of the successive states of the households equipment (to estimate the output).

The paper examines the advantages and the limits or constraints of these methods and gives quantitative results which have been obtained by indirect way.

Les flux d'appareils électroménagers en fin de vie restent assez mal connus. Leur estimation peut emprunter :

- la voie directe, visant à identifier et à quantifier directement les flux de déchets correspondants, collectés ou/et traités,
- la voie indirecte, notamment suivant deux méthodes :
  - soit par la connaissance des ventes d'appareils neufs et l'estimation de leur durée de vie,
  - soit par la connaissance et la confrontation des états successifs du parc, en intégrant en outre des informations complémentaires relatives au multi-équipement et aux marchés de l'occasion.

Il convient bien sûr, en premier lieu, de préciser quels appareils sont concernés ; l'analyse sera centrée sur des appareils domestiques non portatifs.

## VOIE DIRECTE : IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION DES FLUX DE DÉCHETS COLLECTÉS OU/ET TRAITÉS

### La collecte

Elle est réalisée suivant diverses modalités. On peut notamment citer :

- la reprise de l'ancien appareil par le distributeur, lors de l'achat d'un appareil neuf,
- l'enlèvement à domicile, sur demande,
- le ramassage périodique au porte-à-porte des appareils placés sur le trottoir,
- les apports volontaires dans des bennes mises à disposition, en permanence ou périodiquement,
- les apports volontaires en déchetteries (fixes ou, plus rarement, mobiles),
- les apports directs à des récupérateurs ou à d'autres opérateurs.

Une collecte avec les ordures ménagères est par contre à peu près exclue, dans la mesure où il s'agit d'appareils non portatifs. S'y ajoutent des rejets sauvages.

La répartition du flux selon les diverses modalités de collecte est très variable suivant le type d'appareil, le circuit de distribution et les services offerts par les collectivités locales, donc suivant les espaces.

Une consolidation est ensuite nécessaire, pour une quantification d'ensemble.

D'autres difficultés apparaissent :

- d'éventuels double-comptes doivent être évités : par exemple, reprises par des distributeurs (ou autres enlèvements) conduisant ensuite à des apports en déchetteries ;
  - les collectes en mélange avec d'autres encombrants, dans les mêmes bennes, posent un problème d'imputation ;
  - la comptabilisation peut être faite :
    - en nombre d'appareils (d'unités),
    - en volume (y compris les vides, dans une benne),
    - en tonnage,
- avec des difficultés relatives aux coefficients de conversion à appliquer.

## Le traitement

Les filières de valorisation ou d'élimination sont les suivantes :

- remise en état et revente sur le marché de l'occasion,
- désassemblage, déconstruction, récupération de composants ou/et dépollution,
- broyage, déchiquetage et valorisation-matière (notamment valorisation métallique pour les produits blancs),
- incinération, valorisation-énergie de fractions combustibles,
- mise en décharge (enfouissement) d'appareils ou de résidus d'autres traitements.

Les filières de traitement sont complexes. Certaines sont mal connues. Un même appareil peut faire l'objet de plusieurs traitements successifs : traitement « primaire », puis « secondaire », etc., ce qui conduit à des risques de double-comptes. De plus, là encore, la comptabilisation peut être faite en nombre d'unités, en volume ou en tonnage.

Les quantités traitées devraient en principe coïncider avec les quantités collectées, sous réserve de correctifs pour tenir compte de phénomènes de stocks (y compris de rejets sauvages). Bien qu'une estimation des quantités collectées soit en principe redondante avec celle des quantités traitées, une double estimation permet en fait de vérifier la cohérence des résultats.

Dans la pratique, cette voie d'estimation - directe - comporte de grandes difficultés : elle nécessite un examen approfondi des situations, dans des contextes locaux, préalablement à une consolidation à plus large échelle. Elle apporte par contre des informations complémentaires précieuses sur le devenir (la gestion) des flux d'appareils mis au rebut.

## VOIES INDIRECTES

### Par la connaissance des ventes d'appareils neufs et l'estimation de leur durée de vie

Les informations relatives aux ventes sont alors fournies par les fabricants et les distributeurs.

En ce qui concerne la durée de vie, les gros distributeurs ont une bonne connaissance relative aux appareils dont ils assurent la reprise, mais une connaissance limitée quant aux autres modes de collecte.

Les estimations fournies dans le cadre des rapports Desgeorges 1 et 2 (FIEE) surestiment semble-t-il (par confrontation aux résultats obtenus suivant la méthode exposée dans le paragraphe suivant) les flux de déchets ; au demeurant, la « durée de vie » peut être interprétée comme la durée réelle d'utilisation, qui diffère de la durée de détention, en raison de phénomènes de rétention, pendant une période plus ou moins longue.

En conclusion, il s'agit d'une voie d'estimation rapide, simple dans son principe, mais dont la fiabilité est sujette à caution, quant à l'estimation des durées de vie. Cette dernière pourrait avantageusement s'appuyer, au moins à titre complémentaire, sur l'analyse des données de l'Insee examinées ci-après.

## Connaissance et confrontation des états successifs du parc

Pour les réfrigérateurs, les congélateurs, les lave-linge, lave-vaisselle (produits blancs) et les téléviseurs (produit brun) notamment, l'Insee fournit, au niveau national (enquête au 1/2333, soit environ 8000 ménages répondants, constituant un échantillon représentatif suivant la méthode des quotas), l'effectif total et la structure par âges du parc en service, en

**Tableau 1 : « Irrégularités statistiques » quant à la variation du parc. Exemple : réfrigérateurs mi-1993/mi-1992. Effectifs et structure par âges**

Année de construction	Mi-1992 % effectif	Mi-1993 % effectif	Variation apparente de l'effectif en consolidé			
1950						
1951						
1952						
1953						
1954	0,4	73	0,4	74	+ 1	
1955						
1956						
1957						
1958						
1959						
1960						
1961						
1962						
1963						
1964	4,4	802	4,2	774	- 28	
1965						
1966						
1967						
1968						
1969						
1970						
1971						
1972	6,3	1 149	5,8	1 069	- 80	
1973						
1974						
1975	1,7	310			- 310	
1976	1,5	274	2,9	535	- 261	
1977	3,3	602	1,2	221	- 381	
1978	2,4	438	3,4	627	+ 189	
1979	1,7	310	1,5	277	- 33	
1980	5,4	985	3,8	700	- 285	
1981	2,6	474	2,8	516	+ 42	
1982	9,5	1 732	3,7	682	- 1 050	
1983	2,3	419	9,7	1 788	+ 1 369	
1984	5,1	930	2,6	479	- 451	
1985	5,3	967	5,3	977	+ 10	
1986	5,7	1 040	4,5	830	- 210	
1987	7,5	1 368	6,5	1 198	- 170	
1988	7,1	1 295	7,5	1 383	+ 88	
1989	8,5	1 550	7,4	1 364	- 186	- 1224
1990	8,3	1 514	8,5	1 567	+ 53	
1991	7,0	1 276	7,0	1 290	+ 14	
1992	4,0	730	7,2	1 327	+ 597	- 560
1993			4,1	756		
<b>Total</b>	<b>18278</b>	<b>18434</b>				

**Tableau 2 : Récapitulatif des résultats, à l'échelle nationale. Sorties - apparentes - du système, en milliers d'unités**

Appareils	mi-1986/ mi-1885	mi-1990/ mi-1989	mi-1991/ mi-1990	mi-1992/ mi-1991	mi-1993/ mi-1992	Moyenne sur 4 années (1989 à 1993)
<b>Réfrigérateurs, variations :</b>						
- acquis. neuves	- 1 389	- 1 304	+ 1 161	- 1 154	- 1 224	
- équip. secondaires	+ 200	+ 260	+ 1 087	- 844	+ 183	
- occasion	+ 128	- 89	+ 264	- 197	- 17	
<b>Total</b>	<b>- 1 011</b>	<b>- 1 133</b>	<b>+ 190</b>	<b>- 2 195</b>	<b>- 1 058</b>	<b>- 1 049</b>
<b>Congélateurs, variations :</b>						
- acquis. neuves	- 310	- 240	- 326	- 396	- 389	
- équip. secondaires	+ 150	+ 186	+ 269	- 158	+ 109	
- occasion	+ 95	+ 59	+ 68	+ 19	+ 4	
<b>Total</b>	<b>- 65</b>	<b>+ 5</b>	<b>+ 11</b>	<b>- 535</b>	<b>- 284</b>	<b>- 201</b>
<b>Lave-linge non portables, variations :</b>						
- acquis. neuves	- 1 121	- 1 355	- 1 128	- 1 524	- 1 560	
- équip. secondaires	+ 200	+ 271	+ 852	- 788	+ 84	
- occasion	+ 104	+ 53	- 55	+ 14	- 36	
<b>Total</b>	<b>- 817</b>	<b>- 1 031</b>	<b>- 331</b>	<b>- 2 298</b>	<b>- 1 512</b>	<b>- 1 293</b>
<b>Lave-vaisselle, variations :</b>						
- acquis. neuves	- 246	- 378	- 132	- 377	- 469	
- équip. secondaires	+ 50	+ 68	- 344	- 228	- 17	
- occasion	+ 26	+ 50	+ 16	+ 17	- 10	
<b>Total</b>	<b>- 170</b>	<b>- 260</b>	<b>- 460</b>	<b>- 588</b>	<b>- 496</b>	<b>- 451</b>
<b>Téléviseurs, variations :</b>						
- acquis. neuves	- 1 846	- 1 878	- 1 486	- 1 971	- 2 148	
- équip. secondaires	+ 500	+ 692	+ 1 506	- 314	+ 798	
- occasion	+ 78	+ 125	- 94	- 29	+ 243	
<b>Total</b>	<b>- 1 268</b>	<b>- 1 061</b>	<b>- 74</b>	<b>- 2 314</b>	<b>- 1 593</b>	<b>- 1 261</b>

particulier pour les années 1985, 1986 et 1989 à 1993 (état au milieu de l'année considérée) [référence Insee : « l'équipement des ménages » (série consommation et mode de vie)].

Les comparaisons dans le temps des états successifs du parc permettent en principe de quantifier les « sorties » du système, et même l'âge des appareils concernés. Cependant, un examen détaillé montre certaines « irrégularités statistiques », qui peuvent résulter d'un défaut de représentativité des échantillons enquêtés, d'erreurs sur l'année de fabrication dans les déclarations des ménages, ou d'erreurs dans l'enregistrement des résultats, voire dans leur consolidation. On peut notamment relever des incohérences portant sur des appareils récemment acquis, alors que leur aliénation est peu probable.

A titre d'exemple, sur la base des statistiques Insee, le tableau 1 retrace les variations apparentes d'effectifs des réfrigérateurs, pour deux années consécutives.

Ces irrégularités peuvent être « gommées » :

- d'une part en agrégeant les résultats (au détriment d'une connaissance détaillée de l'âge des appareils en fin de vie),
- d'autre part en ne considérant pas les appareils correspondant aux années de fabrication les plus récentes.

Les effectifs précédents ne recouvrent en fait que les appareils neufs « acquis le plus récemment par le ménage ».

Il convient en outre de tenir compte :

- d'une part du multi-équipement (lorsqu'un ménage détient plusieurs appareils d'un même type),

- d'autre part de l'équipement en appareils d'occasion.

A ce sujet, l'Insee fournit des informations complémentaires :

- sur le parc total, ce qui permet en principe de calculer l'effectif correspondant au multi-équipement (parc « secondaire » = parc total moins parc des appareils acquis le plus récemment). Pour estimer les « sorties » du système, un correctif sera dès lors apporté, pour tenir compte de la variation relative au multi-équipement,

- sur les achats d'occasion (part des ménages ayant acheté le bien d'occasion) et leur variation dans le temps, ce qui conduira également à apporter un correctif quant aux « sorties ». Il conviendrait en outre de tenir compte des cessions à titre gracieux (entre membres d'une même famille, entre amis, etc),

- sur le taux de renouvellement des appareils (acquisition d'un nouvel appareil en remplacement de l'ancien),

- ainsi que sur l'équipement des résidences secondaires.

Les estimations de flux, calculées à partir de ces informations (tableau 2) appellent des réserves : les « sorties » correspondent à des variations de stocks ; elles sont ainsi calculées par différence ; ce sont des soldes, voire des soldes successifs, qui présentent l'inconvénient d'accumuler les

incertitudes et de concentrer les erreurs.

Ainsi, dans le tableau 2, pour quelques cas, le solde d'une année sur l'autre apparaît comme positif ; en d'autres termes, il n'y aurait pas eu de « sorties » (nettes), mais des « entrées », ce qui est irréaliste. Ces cas résultent notamment de forts accroissements « apparents » du parc secondaire.

Le calcul d'une moyenne sur quatre ans (de mi-1989 à mi-1993) permet là encore de « gommer » certaines irrégularités.

Les « sorties » sont elles-mêmes « apparentes » : elles signifient que l'appareil n'est plus considéré par le ménage comme faisant partie de son équipement. En fait, il s'en débarrasse (déstockage) ou bien le conserve, plus ou moins longtemps. Cette décision est fonction notamment de la disponibilité de surface de stockage (de « dépendances »), ainsi que de paramètres de l'offre de services et d'équipements collectifs pour s'en débarrasser. La durée de détention - nous l'avons dit - diffère de la durée d'utilisation, en raison de phénomènes de rétention. A ce sujet, dans la région Rhône-Alpes, une enquête complémentaire, par entretiens téléphoniques auprès des ménages, a été réalisée par le Credoc (enquête pour la région Rhône-Alpes, janvier 1997).

Les estimations qui précèdent font figure, en principe, de « limite haute » vis-à-vis des sorties réelles.

On notera en outre que l'Insee fournit les taux d'équipement des ménages par régions, ce qui permet d'apporter certains correctifs pour estimer les gisements par régions.

Enfin, alors que les données les plus récentes publiées par l'Insee sont relatives à 1993, une projection relative à 1996 conduit (sous toutes réserves) aux estimations suivantes, en nombre d'unités et en tonnage, au niveau national (tableau 3). Il serait en outre nécessaire de considérer d'autres appareils :

**Tableau 3 : Estimation des « sorties » du système, au niveau national ; projection 1996**

	En nombre d'unités	Poids unitaire (kg)	En tonnes
Réfrigérateurs	1 080 000	51	55 080
Congélateurs	350 000	50	17 500
Lave-linge (non portables)	1 800 000	66	118 800
Lave-vaisselle	600 000	62	37 200
Téléviseurs	1 400 000	30	42 000
<b>Total</b>	<b>5 230 000</b>	<b>-</b>	<b>270 580</b>

appareils de cuisson, magnétoscopes, chaînes hi-fi, ordinateurs, etc.

En conclusion, cette méthode indirecte permet d'avancer (avec des réserves) des ordres de grandeur, qui devraient être confrontés aux résultats d'estimations (difficiles, partielles) par voie directe. C'est notamment ce qui a été fait dans l'étude Girus, Geode et CNRS pour la FIEE (Fédération des industries électriques et électroniques), l'Ademe et la Région Rhône-Alpes (janvier 1997).

\* **Gérard Bertolini,**

Économiste, directeur de recherche au CNRS - Université Claude Bernard

# DÉCHETS

SCIENCES & TECHNIQUES

## APPEL À PUBLICATIONS

**Nous souhaitons publier dans cette revue et nous espérons pouvoir ouvrir nos colonnes à tous les travaux relatifs aux différents aspects du problème des déchets :**

- Collecte, tri, préparation, transfert, stockage,
- Valorisation énergétique : énergie, matière première, matériaux, agriculture,
- Analyse et caractérisation, tests de comportement, nomenclature, classification,
- Traitements thermiques,
- Traitements biologiques,
- Traitements chimiques et physico-chimiques,
- Stabilisation-solidification : procédés et comportement à long terme,
- Déchets, sol et sous-sol,
- Procédés propres,
- Déchets-santé,
- Droit et législation.

### Présentation des articles

- 5 Pages incluant textes, figures et références soit l'équivalent de 15 000 signes au maximum.
- Les textes originaux doivent être expédiés sur disquette 3,5 pouces (Mac ou PC) accompagnés d'une version papier en 3 exemplaires pour le comité de lecture dont une version originale comportant tableaux, figures, ou photographies éventuels. Les fichiers de tableaux ou de figures existants doivent être joints sur la disquette avec originaux papier.
- Le nom du logiciel utilisé doit être spécifié.
- L'article doit impérativement comporter les éléments suivants si possible dans cet ordre :
  - titre,
  - nom, qualité et coordonnées de l'auteur,
  - résumé de 50 mots en français et en anglais,
  - introduction,
  - matériels et méthodes,
  - résultats,
  - discussion,
  - conclusion,
  - références.

Nous publions également les résumés de thèses qui nous sont envoyés ainsi que les résumés de mémoires de DEA ou de DESS lorsqu'ils sont accessibles, sur demande, aux lecteurs.

### Envoi des articles

Alain Navarro, Laboratoire d'analyses environnementales des procédés et systèmes industriels (LAEPSI) - INSA bâtiment 404 - 20, avenue Albert Einstein - 69621 Villeurbanne cedex - Tél. : 04 72 43 84 30 - Fax : 04 72 43 87 17. Secrétariat : Norma Renard (Tél. : 04 72 43 87 72 - Fax : 04 72 43 80 84)