

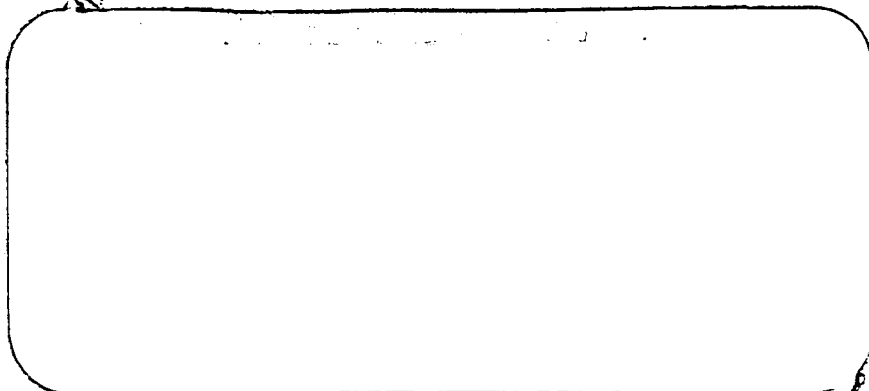


Environment
Canada

Environnement
Canada

Environmental
Protection
Service

Service de la
protection de
l'environnement



130053

BIBLIOTHÈQUE

TD
794.5
P29-5

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library



38 512 538

ÉVOLUTION DES TECHNIQUES DANS LE
DOMAINE DES DÉCHETS SOLIDES

J. Payne
Division de la Gestion (déchets solides)
Environnement Canada

Présenté au Séminaire sur la
manutention des déchets solides
et la récupération des ressources,
Toronto, le 1^{er} avril 1976

Pollution Control Association of Ontario
Ministère ontarien de l'Environnement

INTRODUCTION

On m'a demandé de vous parler des installations de traitement des déchets solides. Je m'en tiendrai aux aspects techniques de divers procédés de récupération comme, par exemple:

- le système NCRR, expérimenté à Washington et en voie de réalisation à la Nouvelle-Orléans (fig. 1);
- le procédé du U.S. Bureau of Mines pour la récupération d'une partie des déchets solides urbains (fig. 2) et des rejets non magnétiques des déchiqueteurs d'automobiles (fig. 3);
- le procédé Black Clawson (fig. 4);
- le procédé britannique que le Laboratoire de Warren Spring (fig. 5) est en train de mettre au point;
ainsi que d'autres systèmes qui visent avant tout à la récupération de l'énergie, comme par exemple le SWARU, le St-Louis, le procédé Garrett et le CPU 400.

La plupart de ces procédés ne sont utilisés pour l'instant que dans des usines-pilotes et on ne dispose pas encore de données sur leur rendement dans des conditions normales d'utilisation.

LE DECHIQUETAGE (3, 12, 23, 24, 25,
26, 28, 29, 34)

Principe

Le déchiquetage (ou l'opération qui consiste à réduire la dimension des matériaux) fait partie de tous les systèmes de récupération des ressources. Il peut s'agir de la première étape du procédé global de traitement des déchets, comme c'est le cas à Franklin ou à la Nouvelle-Orléans, ou alors, d'une étape dans le traitement de déchets ayant déjà subi un premier tri comme à Warren Spring. L'opération a pour but de détacher les matériaux les uns des autres et de défaire les ordures brutes en petits morceaux, ce qui facilite le traitement ultérieur. Le déchiquetage est le résultat de procédés de tension, de compression, de cisaillement et de choc.

Procédés de déchiquetage

Le système Black Clawson est muni d'un procédé de déchiquetage par voie humide. Il s'agit d'un broyeur constitué d'une cuve au fond de laquelle se trouve une lame tranchante. On mouille les déchets solides accumulés dans la cuve et on réduit en bouillie toutes les matières friables tandis que les gros morceaux de métal, les conserves et les autres matières trop résistantes sont rejetés. La pâte, qui renferme le papier, les composés organiques, le verre, les petits morceaux de métal et de céramique quitte le broyeur par une sorte de tamis placé sous la lame; sa teneur en matières solides est alors de 3 à 4 %.

Parmi les appareils de déchiquetage qui fonctionnent par voie sèche, le broyeur à marteaux est le plus utilisé. Les ordures y sont déchiquetées par une série de marteaux à rotation rapide (400-1500 tr/mn), qui sont soit fixés au rotor, soit articulés. L'axe du rotor peut être horizontal ou vertical.

Les appareils à axe horizontal (fig. 6), sont munis de grilles à barreaux et c'est l'espacement entre les barreaux qui détermine la dimension de sortie des matières broyées. Le broyage initial a lieu dès l'entrée des déchets dans l'appareil; il se poursuit à mesure que le matériau se fait comprimer entre les marteaux et les barreaux de la grille. Les objets lourds et imbroyables sont rejetés par une goulotte. Les broyeurs à axe horizontal sont fabriqués par Allis-Chalmers, Hazemag, Jeffrey, American, Gruendler, Williams, etc.

Dans les appareils à axe vertical, les déchets se font comprimer entre les marteaux en rotation et la paroi de la cage qui les renferme. À mesure que les déchets descendent dans l'appareil, on voit à laisser de moins en moins d'espace entre les marteaux et la paroi; c'est d'ailleurs l'espace libre au fond de l'appareil qui détermine la dimension de sortie des particules. Ces appareils n'ont donc pas besoin d'être munis d'une grille. Les broyeurs verticaux sont fabriqués par Heil/Tollemache.

Comme le montre la fig. 7, les marteaux des broyeurs peuvent prendre toutes sortes de formes. Leur poids varie de 15 à plusieurs centaines de livres et les broyeurs en comptent habituellement de 28 à 48. Il va de soi que la tête des marteaux s'use rapidement, ce qui diminue l'efficacité de l'appareil. On les reconditionne donc régulièrement par soudure avec une baguette d'apport.

Le broyeur à anneaux (fig. 8) est un appareil en forme d'entonnoir comme le broyeur à marteaux de type vertical; au lieu de marteaux, toutefois, il est muni de meules dentelées dont la vitesse de rotation est beaucoup plus lente que celle des marteaux, (400 tr/mn environ). Cet appareil non plus n'a pas besoin de grille. Il est fabriqué par la compagnie Eidal.

Une enquête effectuée en 1975 et portant sur les déchiqueteurs utilisés pour le traitement des déchets solides urbains en Amérique du nord, a révélé qu'environ 50 % des appareils présentement en usage sont de type vertical et 50 %, de type horizontal.

Enfin, il y a aussi le broyeur à fléaux, un appareil muni de deux rotors tournant en sens inverse et auxquels est attachée une série de chaînes. On utilise cet appareil pour obtenir des matériaux grossièrement déchiquetés; il brise le verre, par exemple, sans produire trop de fines, ce qui facilite le tri par couleurs.

Le déchiqueteur doit toujours être muni de deux accessoires indispensables: un dépoussiéreur et un dispositif anti-déflagration. Un dépoussiéreur d'environ $5\,000\text{ pi}^3/\text{mn}$ suffit généralement à capter la poussière produite par la plupart des déchiqueteurs.

Il se peut toujours qu'un bidon d'essence ou quelque'autre objet de ce genre arrive dans le déchiqueteur. Pour éviter des dommages importants, il faut avoir prévu un dispositif d'échappement de la pression ou un dispositif anti-déflagration.

Le mouvement des matériaux dans le déchiqueteur est généralement facilité par la force de gravité. Par conséquent, si le déchiqueteur n'est pas situé dans une fosse, il faut élever les déchets jusqu'à son entrée au moyen d'une bande transporteuse inclinée. Le débit d'alimentation est un important aspect de l'opération et influe largement sur l'efficacité de l'appareil. Un alimentateur à mouvement vibratoire facilite beaucoup la régularisation du débit des déchets et permet d'éviter les blocages ou les périodes de fonctionnement à vide.

Le déchiqueteur se décharge par le bas dans le cas des modèles à axe horizontal et par le côté dans le cas

des modèles à axe vertical. On installe des goulottes ou des plaques déflectrices pour absorber le gros de l'énergie des déchets avant qu'ils ne soient déversés sur les bandes transporteuses.

Rendement

i) Consommation d'électricité

Les essais effectués par la compagnie Heil donnent les valeurs suivantes pour les besoins en alimentation électrique:

de 4 à 3	po	7,5 HP/t/h
4 à 2	po	10
4 à 1 1/2	po	15
4 à 1	po	25

D'après les mesures effectuées avec l'appareil de la compagnie Tollemache à la station expérimentale de Madison, on a constaté que pour obtenir un produit d'une dimension telle que 80 % des débris passent dans un tamis de 2 po de maille, il fallait 6,37 kWh/t si les déchets à l'entrée contenaient 35 % d'humidité, et 8,82 kWh/t s'ils en contenaient 25 %. Il fallait en outre 1,29 kWh/t pour alimenter le matériel auxiliaire comme les bandes transporteuses et les appareils à souder.

La relation entre la consommation d'électricité et la teneur en eau a également été étudiée par Trezak, de l'Université de la Californie. Quand tous les autres facteurs sont constants, le rapport entre la consommation d'électricité et la teneur en eau est représentée par une fonction parabolique dont le minimum est à 35 % (fig. 9).

Trezak a également confirmé l'existence d'une relation inverse entre la consommation d'électricité et la dimension des particules broyées (fig. 10), la demande d'énergie s'accroissant très rapidement lorsque les matériaux à broyer sont de petites dimensions. Par exemple, il faut environ 2,2 kWh/t pour réduire à 3 po des objets dont la dimension moyenne est de 6 po

tandis qu'il faut 6,5 kWh/t pour réduire à 0,3 po des objets de 0,6 po, une réduction de 50 % dans les deux cas.

ii) Entretien

Il faut reconditionner périodiquement les têtes des marteaux et les remplacer au besoin si l'on veut assurer en tout temps un déchiquetage efficace, une grosseur de particules appropriée et conserver au rotor son équilibre dynamique.

A la fabrique de compost de Gainesville, on a évalué la perte de métal des marteaux à 0,093 lb/tonne de déchets dans le cas d'un déchiqueteur primaire (<6 po) et à 0,139 lb/tonne dans le cas d'un déchiqueteur secondaire (<1 po); les deux déchiqueteurs étaient des appareils Williams de 400 HP fonctionnant à des vitesses respectives de 800 et de 1 200 tr/mn.

Trezak a constaté qu'avec un appareil Gruendler de 10 t/h muni d'une grille dont les barreaux sont espacés de 3 po, les pertes de métal étaient les suivantes:

<u>Pertes de métal (lb) par tonne de déchets</u>		
marteaux à surface non durcie	790 tr/mn	0,061
	1200 tr/mn	0,107
marteaux à surface durcie	790 tr/mn	0,047
	1200 tr/mn	0,068

En multipliant ces facteurs par la quantité (en tonnes) de matériaux déchiquetés, on peut se faire une idée de la quantité de métal à remplacer au moment du reconditionnement des marteaux. Après 5 à 15 reconditionnements, les marteaux doivent être remplacés. Quand les marteaux sont symétriques et ont deux têtes chacun on peut les refaire jusqu'à 30 fois avant de les changer.

TRI MAGNÉTIQUE (16, 35)

Principe

On peut mettre à profit les propriétés magnétiques des métaux ferreux pour les retirer de l'ensemble des déchets à traiter. On peut avoir recours à ce principe à diverses étapes du traitement des déchets solides pour récupérer les métaux ferreux et réduire la quantité de déchets à traiter à l'étape suivante. Le tri magnétique primaire peut avoir lieu à la suite de l'étape du déchiquetage ou de celle du tri pneumatique; l'opération est d'ailleurs plus efficace si on n'y a recours qu'après l'étape du tri pneumatique. Pour éliminer les petites pièces de métal qui ont échappé au tri primaire, il peut aussi y avoir une étape de tri magnétique secondaire.

Procédés de tri magnétique

La courroie aimantée (fig. 11) consiste en un montage qui comprend un tapis roulant placé au-dessus de la colonne de déchets et par rapport auquel on place un aimant. La force d'attraction de l'aimant sépare les métaux ferreux de la colonne de déchets en les attirant sur la courroie. Ils sont emportés par celle-ci jusqu'à un point où la force de l'aimant ne suffit plus à compenser le poids des morceaux de métal.

Ce type d'appareil donne souvent un produit impur car papier, plastiques, etc. se trouvent coincés entre la courroie et les objets métalliques. On peut y remédier jusqu'à un certain point en utilisant deux courroies en série, la deuxième raffinant le produit de la première, ou en utilisant un aimant multipolaire (fig. 12). Les morceaux de métal tendent à conserver la polarité magnétique requise au premier contact avec l'aimant, de sorte qu'ils basculent et culbutent si l'on fait alterner les champs ce qui entraîne le détachement des particules non magnétiques.

L'un des principaux désavantages de ce type d'appareil est l'usure rapide des courroies. Les objets métalliques sont précipités vers l'aimant, jusqu'au moment de l'impact. La courroie est donc soumise à de durs chocs et ne résiste généralement pas plus que de quatre à six mois.

Il y a aussi le tambour magnétique (fig. 13), un tambour d'acier au manganèse (non magnétique) qui tourne autour d'un aimant. La colonne de déchets passe sur le tambour et, à mesure que celui-ci traverse le champ magnétique, les objets métalliques s'y fixent. Comme le tambour est en acier, sa surface est beaucoup plus résistante que celle de la courroie.

Les tambours magnétiques peuvent également être munis de pôles positifs et négatifs en alternance de façon à secouer les pièces de métal qui s'y trouvent. On peut aussi les placer en série (avec éventuellement un jet d'air entre eux pour éliminer les particules légères, non magnétiques) on obtient ainsi un produit plus homogène c.-à-d. que seules les substances qui sont physiquement liées au métal ferreux restent dans le produit.

Ces deux types d'appareil se font avec des aimants permanents ou des électro-aimants. L'installation des premiers est plus simple, mais on ne peut régler la force de leur champ.

Rendement

D'après la NCRR le taux de récupération d'un tri magnétique qui suit l'étape du déchiquetage, approche 90 %. Si le tri magnétique est aussi précédé d'une étape de tri pneumatique, le taux de récupération peut atteindre 95 à 97 %. La présence de particules non magnétiques est d'environ 10 % avec une courroie à un seul aimant et de moins de 5 % avec un appareil multipolaire.

Si la récupération du métal est effectuée après un tri pneumatique le produit contiendra moins de 2 % de particules non magnétiques.

A l'usine de la NCRR à la Nouvelle-Orléans, on a modifié le procédé original qui prévoyait l'utilisation d'une courroie multipolaire après l'étape du tri pneumatique en plaçant un tambour magnétique pour traiter la fraction lourde du séparateur à courant ascendant. Les essais ont démontré que cette solution était plus efficace.

SÉPARATEURS PNEUMATIQUES (1, 4, 6, 8, 13, 14, 15, 18, 32, 33)

Principe

Le tri pneumatique est une méthode de séparation par voie sèche qui utilise un courant d'air pour isoler les uns des autres les divers constituants d'un mélange dont les propriétés physiques diffèrent. On peut y avoir recours pour faire le tri des déchets solides urbains après déchiquetage et séparer ainsi les produits organiques légers, des métaux et du verre; on peut ainsi s'en servir pour extraire les impuretés minérales du compost ou encore le plastique et les poussières métalliques non ferreuses contenues dans les rejets du déchiqueteur d'automobiles.

Le tri s'effectue grâce aux différences dans la vitesse de chute des différentes particules, vitesse qui dépend de la taille, de la forme et de la densité des particules. La séparation commence au point où la vitesse de chute est égale à la vitesse du courant d'air. Ces particules peuvent, en effet, se retrouver autant dans la fraction lourde que dans la fraction légère. Les particules à grande vitesse de chute se retrouvent, pour leur part, dans la fraction lourde (grossière) alors que celles dont la vitesse de chute est faible sont entraînées dans la fraction légère (fine).

Parce que la réussite de l'opération repose à la fois sur la taille et la densité des particules, il est impossible d'obtenir une séparation absolue quand on trie un mélange aussi hétérogène que des ordures même après déchiquetage (une petite particule lourde pouvant en effet se déposer au même rythme qu'une grosse particule légère).

Types de séparateurs pneumatiques

On utilise trois grands types de séparateurs pneumatiques pour trier les déchets solides: les séparateurs de type vertical, en zigzag et de type horizontal. Les appareils de type vertical (fig. 14) consistent en une goulotte verticale dans laquelle on déverse les déchets solides. Une colonne d'air soufflée vers le haut entraîne les matériaux légers au sommet, alors que les particules lourdes descendent au fond. Le pourcentage de séparation dépend de la dimension de la goulotte et de la vitesse du courant d'air. On utilise ce type d'appareil à St. Louis pour obtenir la fraction de combustibles légers servant à la combustion en suspension (Rader Pneumatics), ainsi que dans le procédé Black-Clawson, pour séparer l'aluminium du verre et des pierres (Sortex).

Il existe une variante de l'appareil de type vertical, le "Stratifier", mis au point pour l'usine municipale de récupération des ressources à Houston, et qui doit être installé à l'usine expérimentale du MDE. Ce modèle (fig. 15) permet d'isoler 3 catégories de particules.

Le modèle en zigzag (fig. 16) est une variante de l'appareil de type vertical; le courant d'air y subit de nombreuses et brusques modifications de direction créant des turbulences qui font culbuter les déchets solides et défont les matériaux agglomérés. On utilise ce type d'appareil à l'usine de compost de Johnson City pour extraire du produit les impuretés minérales (Scientific Separators) ainsi que dans le système CPU-400 pour produire le combustible léger

utilisé pour chauffer l'incinérateur à lit fluidisé (Combustion Power).

Dans les appareils de type horizontal (fig. 17), on déverse les déchets dans un courant d'air horizontal qui fait dévier de leur trajectoire les différents éléments pendant leur chute. On peut régler l'appareil de façon à obtenir plusieurs catégories de particules au lieu de ne s'en tenir qu'à une fraction légère et une fraction lourde. Le système du U.S. Bureau of Mines utilise ce type d'appareil pour récupérer les matériaux recyclables des ordures ménagères et des rejets du déchiqueteur d'automobiles.

Dans un autre appareil de type horizontal (fig. 18), on fait passer les déchets sur une grille à mouvement vibratoire horizontale ou légèrement inclinée sur laquelle et à travers laquelle on pulse de l'air, ce qui crée un effet de fluidisation. On installe actuellement un appareil de ce type à l'usine de récupération de combustibles de Chicago.

Dans le cas de tous les appareils ci-dessus, la fraction légère est extraite du courant d'air par un cyclone.

Rendement

- i) Le U.S. Bureau of Mines a effectué des essais en usine-pilote sur un appareil de type horizontal, alimenté en déchets solides urbains grossièrement déchiquetés (<6 po) à l'usine de Madison; on en a tiré les résultats suivants:

Fraction légère : 81,7 %

Fraction lourde : 18,3 % (dont 100 % du métal).

L'appareil utilisé mesurait 6 pi de long et 12 po de large. Le débit du courant d'air était de $1300 \text{ pi}^3/\text{mn}$ * et le rythme d'arrivée des ordures était de 2500 lb/h.

* A 20°C et 760 mm de Hg, à sec.

ii) D'autres travaux effectués par le U.S.B.M. ont abouti à la mise au point du système présenté à la fig. 2, qui traite jusqu'à 5 tonnes/h. Il utilise trois séparateurs pneumatiques. Le premier (un séparateur de particules légères) n'est rien d'autre qu'une hotte placée au-dessus du tapis roulant sur lequel se déverse le produit du déchiqueteur primaire (un broyeur à fléau). Un courant d'air d'un débit de $2700 \text{ pi}^3/\text{mn}$ aspire la poussière et les plus petits morceaux de papier et de matières plastiques. Après une étape de séparation magnétique, les déchets qui sont demeurés sur le tapis roulant passent par un séparateur pneumatique primaire où circule un courant d'air horizontal dont le débit est de 1000 à $5000 \text{ pi}^3/\text{mn}$ et un courant d'air ascendant d'un débit maximum de $4300 \text{ pi}^3/\text{mn}$ qui entraîne les éléments légers. Le cyclone, qui reçoit l'air de sortie de cet appareil, recueille la plus grande partie du papier, des plastiques et des tissus légers. Un peu plus loin un séparateur pneumatique secondaire traite la fraction intermédiaire des produits du séparateur primaire. Il s'agit d'un appareil de type zigzag modifié, c'est-à-dire muni de trois bouches d'air au lieu d'une.

Les trois cyclones qui sont associés aux trois séparateurs pneumatiques recueillent de 80 à 90 % des produits combustibles contenus dans les ordures à traiter (c'est-à-dire de 60 à 65 % des ordures qui pénètrent dans le système). Après une étape de criblage dans un trommel de 1 po de maille servant à éliminer une partie des matériaux non combustibles qui demeurent, on obtient un produit dont le pouvoir calorifique moyen est égal à 6630 B.T.U./lb, à une teneur en humidité de 20,7.

iii) A l'usine-pilote de l'U.S.B.M. décrite en (i) ci-dessus, on a également effectué des essais avec des ordures non magnétiques, de moins de 3 po, provenant d'un déchiqueteur d'automobiles. Avec un mélange contenant 40 % de métal au départ, on a obtenu les résultats suivants:

Débit du courant d'air (pi ³ /mn)	Débit d'alimentation (lb/h)	Métal (%)		Rejet de matières non métalliques (%)
		Récupération	Teneur en métal	
1 900	9 000	96	74	78
2 200	11 500	96	75	78
2 500	19 600	96	70	73
3 500	32 700	99	54	45

Donc, plus la vitesse d'alimentation augmente, plus le pourcentage des matières non métalliques dans la fraction lourde augmente.

iv) Dans le cadre d'une étude sur un procédé destiné à produire du méthane par digestion anaérobie, le U.S. Institute of Gas Technology a utilisé le séparateur de type horizontal Williams VIP (1/2 tonne/h), une installation pilote, en l'alimentant en déchets solides urbains non traités. La répartition des pourcentages était la suivante:

Contenu initial	Proportion (%) du contenu initial récupéré dans la	
	Fraction lourde	Fraction légère
Papier	4,9	95,1
Matières putrescibles	9,8	90,2
Métaux ferreux	100,0	0
Aluminium	80,0	20,0
Quantité total de métal	95,7	4,3
Verre	100,0	0
Poussière, cendre	10,4	89,6
Pierres	99,0	1,0

- v) En se basant sur le résultat des essais effectués par la compagnie Combustion Power sur un appareil de type zigzag de 10 t/h le National Centre for Resource Recovery a exigé que le séparateur pneumatique de l'usine de la Nouvelle-Orléans puisse produire une fraction lourde de 33 % maximum contenant 85 % de l'aluminium à l'entrée et ce, à un débit d'alimentation de 62,5 t/h. On évalue à 70 % le taux de récupération du papier d'aluminium et des assiettes à tarte, à 95 % celui des grosses pièces d'aluminium fondu et à 85 % celui des conserves d'aluminium. (Les boîtes de conserve en aluminium constituent les trois quarts des ordures ménagères d'aluminium aux E.-U.; la situation est différente au Canada, et les normes de récupération de l'aluminium devraient tenir compte de ce facteur, ainsi que de la plus faible teneur en aluminium, qui est de 1,0 % aux E.-U., et de 0,6 % au Canada).

Pour que l'appareil de 10 t/h utilisé au cours de ces essais atteigne une capacité de 62,5 t/h, il faudrait lui donner les dimensions suivantes: 24 pi de largeur, 1,6 pi de profondeur et 8 pi de hauteur. Le débit de l'air serait supérieur à 40 000 pi^3/mn avec une soufflerie de 200 HP.

- vi) La Triple/S Dynamics affirme que son appareil de type horizontal et à fluidisation nécessiterait un débit d'air de 60 000 pi^3/mn pour traiter 80 t/h d'ordures. D'après les spécifications, si l'appareil est alimenté en ordures déchiquetées, la fraction légère ne contiendra pas plus de 5 % de particules inertes de 1/4 de po ou plus; la fraction lourde contiendra moins de 3 % de matériaux fibreux et 98 % des particules métalliques non rattachées à des matériaux légers; enfin, la fraction lourde contiendra également 98 % de l'aluminium du produit brut, à l'exception du papier d'aluminium.

vii) L'appareil de type vertical Rader (45 t/h) utilisé à l'usine de St. Louis produit une fraction légère qui contient environ 80 % des déchets d'entrée (matériaux déchetés de moins de 3 po). Son pouvoir calorifique moyen est d'environ 5200 B.T.U./lb, à une teneur en humidité de 23,1, pour la composition du produit suivante:

Papier	58,9 %
Plastique	5,4
Bois	2,6
Verre	1,6
Métaux ferreux	0,2
Métaux non ferreux	0,6
Matières organiques	2,9
Divers	27,8

Les matières diverses regroupent les particules trop petites pour être classifiées avec certitude. Une grande partie du verre et certaines autres matières abrasives se retrouvent dans cette catégorie ce qui cause de graves problèmes d'usure dans les conduits d'air.

SÉPARATEURS A COURANT ASCENDANT (2, 9, 10, 13)
(PROCÉDÉ PAR ÉLUTRIATION)

Principe

Il s'agit ici d'appareils qui séparent les matériaux en vertu des mêmes principes physiques que les séparateurs pneumatiques mais qui utilisent l'eau comme milieu. On y a recours dans un grand nombre de gravières pour la séparation des copeaux de bois et autres produits organiques contenus dans le gravier. Dans le domaine de la récupération des déchets solides, ils pourraient servir à raffiner davantage la fraction lourde des séparateurs pneumatiques, c'est-à-dire pour éliminer les résidus organiques des éléments métalliques, du verre, etc.

Types de séparateurs à courant ascendant

L'U.S.B.M. a mis au point un appareil pilote (fig. 19) constitué d'un tuyau de 7 3/4 po de diamètre intérieur dans lequel on fait monter une colonne d'eau. Un alimentateur à mouvement vibratoire fait entrer les matériaux à traiter par le sommet du tuyau, la fraction lourde se dépose dans un bac placé au fond et les particules légères sont entraînées par le courant d'eau dans un réservoir, où elles sont recueillies par un panier en treillis métallique. La force du moteur de la pompe à eau est de 7,5 HP.

L'appareil WEMCO (fig. 20) est un appareil à débit continu qui est constitué d'une section de lavage dans laquelle le matériel à traiter qui tombe vers le fond est séparé par le courant d'eau ascendant, d'un trop-plein par lequel la fraction légère est transportée jusqu'à un tamis d'égouttage à mouvement vibratoire et d'un élévateur à godets qui transporte la fraction lourde jusqu'à une section différente du même tamis.

Un crible agité mécaniquement utilise les pulsations d'un courant d'eau qui traverse un lit de matériaux. Les dilatations et contractions successives du lit font descendre les matériaux lourds et monter les matériaux légers. Cette succession de secousses entraîne donc la stratification des particules en couches de densité différente. L'U.S.B.M. utilise ce genre de crible dans son système de traitement des ordures brutes et le système Black-Clawson en a un pour récupérer le verre et l'aluminium.

Rendement

- i) Le séparateur par élutriation de l'usine-pilote de l'U.S.B.M. a été utilisé au cours d'un essai pour traiter la fraction lourde des rejets d'un déchiqueteur

d'automobiles après séparation primaire dans un séparateur pneumatique de type horizontal. Cette fraction représentait 38 % de l'ensemble du produit à traiter une fois tamisé pour en extraire les fines (<4 mailles au pouce); et sa composition était la suivante:

	Cu	Zn	Al	Pb	Fe
%	6,1	32,9	8,4	3,4	31,0
	Acier inoxydable			Produits non métalliques	
%	0,4			17,8	

L'élutriation a permis d'augmenter la teneur en métal de 72 à 99 %, avec un taux de récupération de métal de 88 %. La composition était la suivante:

	Cu	Zn	Al	Pb	Fe
%	5,6	43,1	6,0	4,5	39,3
	Acier inoxydable			Matières non métalliques	
%	0,5			0,1	

Le rythme d'alimentation en déchets était de 2,5 t/h et le débit optimal d'eau était de 210 gal/mn soit une vitesse linéaire de 85 pi/mn.

Le faible taux de récupération du cuivre et de l'aluminium dans le séparateur par élutriation est principalement dû à la perte du fil de cuivre isolé et des ébarbures d'aluminium dans la fraction légère.

- ii) Le NCRR a effectué des essais avec l'appareil WEMCO. Le produit à traiter était constitué de déchets solides urbains, déchiquetés, passés au séparateur pneumatique, tamisés et débarrassés des métaux ferreux par tri magnétique.

Les résultats furent les suivants:

Poids des éléments de la fraction lourde
(% de la quantité totale de produit
acheminé vers le séparateur par élutriation)

Métaux ferreux	91
Aluminium	45
Autres métaux (non ferreux)	81
Matières organiques diverses	6
Caoutchouc, plastique	38
Verre, pierres	40
Quantité totale des matières de la fraction lourde	34 (% du produit acheminé vers le séparateur par élutriation)

La fraction lourde représentait 5,9% de la quantité totale de matériaux déchiquetés à traiter (la quantité à traiter par le séparateur à élutriation représentait 17,2 % du même total).

Aux cours des essais, l'appareil fonctionnait bien en deçà de la capacité prévue. Dans ces conditions, la plus grande partie de la fraction lourde du séparateur pneumatique arrivait au séparateur par élutriation. La plupart des matières minérales (acier, verre, pierre, etc.) a été retrouvée dans la fraction lourde, à l'exception de l'aluminium. Ceci parce que les boîtes d'aluminium écrasées retiennent de l'air, ce qui réduit leur densité réelle. Pour éliminer ce problème, le NCRR a proposé de redéchiqueter la fraction légère et de la traiter à nouveau dans le séparateur par élutriation.

SÉPARATEURS À MILIEU DE FORTE DENSITÉ (6, 11, 13,
17, 18, 19)

Principe

Le séparateur à milieu de forte densité utilise un liquide dont la densité est supérieure à 1,0 pour isoler les divers éléments d'un mélange selon leur densité. En formant une suspension de fines particules ayant une forte densité dans l'eau, on obtient une sorte de liquide épais ou une pâte. En faisant varier les quantités de matières solides, on peut modifier la densité de la pâte. Pour conserver la densité souhaitée, il faut que le liquide reste en mouvement.

On utilise la magnétite et le ferrosilicium pour obtenir les densités souhaitées pour la classification des déchets solides. Ces produits sont bon marché et facilement récupérables par tri magnétique.

Voici la densité des divers éléments des déchets solides:

papier, plastique, caoutchouc, bois, aliments	inférieure à 2,2
---	------------------

verre, aluminium	2,2 à 2,8
------------------	-----------

métaux ferreux et autres métaux non ferreux	supérieure à 3,0
--	------------------

Ainsi, un milieu comportant de la magnétite, d'une densité de 2,2, peut servir à séparer les composés organiques des composés minéraux et un milieu au ferrosilicium, d'une densité de 3,0, peut servir à séparer le verre et l'aluminium des métaux comme le cuivre, le plomb, le zinc, etc.

Technique

Une pâte, de densité voulue, est pompée d'un collecteur à la cuve du séparateur d'où elle déborde sur un tamis d'égouttement et de lavage (fig. 21). Elle s'écoule par ce tamis et retourne au collecteur. Le produit (magnétite ou ferrosilicium) qui a adhéré aux ordures déchiquetées est alors lavé par des jets d'eau à forte pression. Le produit ainsi dilué, et additionné d'une quantité pré-établie du produit principal est déversé dans le collecteur de produit dilué. Ce mélange passe ensuite sur le tambour magnétique qui retient le produit. Celui-ci, traité par floculation, passe dans un appareil qui le reconcentre en éliminant une quantité additionnelle d'eau, puis il est défloculé par une bobine de démagnétisation.

Les ordures à traiter passent par le séparateur et sont déversées sur le tamis sous forme de fraction lourde et de fraction légère, les deux étant isolées par une paroi (appareil WEMCO).

Il peut arriver que le produit se dépose à cause d'une agitation insuffisante, créant ainsi un gradient de densité dans la cuve; il se peut aussi que de fines particules ou "boues" collent aux matériaux à traiter et se mêlent à la pâte rendant à peu près impossible le réglage de la densité.

On peut éviter ces problèmes en utilisant un séparateur "ferrofluide" qui permet de maintenir la densité souhaitée en réglant le champ magnétique plutôt que le mouvement du fluide. Les microscopiques particules de magnétite sont maintenues en suspension par le réglage de la force du champ magnétique entourant le milieu.

Le système Warren Spring (fig. 5) pour la séparation des ordures ménagères utilise un processus de flottation-décantation en saumure à une densité de 1,15. La fraction comprise entre 13 et 50 mm est soumise à une séparation balistique; la fraction lourde résultant de cette opération est envoyée dans la saumure. La densité y est suffisante pour assurer la flottation de toute matière végétale (ainsi qu'une partie des matières plastiques) alors que le verre, la faïence et la majeure partie des objets métalliques se déposent au fond.

Rendement

- i) Le NCRR a effectué des essais sur la fraction lourde d'un amas de déchets solides urbains déchiquetés et passés par un séparateur pneumatique, un séparateur par élutriation et un séparateur magnétique. Il y eut deux étapes à l'opération, la première à une densité située entre 1,4 et 1,7, récupéra tous les métaux lourds et la plus grande partie de l'aluminium, du verre, de la pierre, etc. Puis la densité fut portée à 3,0, qui permit de séparer l'aluminium et le verre des métaux lourds. On récupéra environ 75 % de l'aluminium et la plus grande partie du verre au cours de la deuxième étape de flottation. A l'aluminium s'était fixé 13 lb de magnétite par tonne de produit, alors que dans le cas des autres produits la présence de magnétite était inférieure à 2 lb/tonne.
- ii) Un séparateur "ferrofluide" à champ magnétique a été mis au point par l'AVCO Systems Division et soumis à des essais pour le traitement de ferraille d'automobiles. On a effectué une séparation initiale, à une densité de 4,5, pour séparer les produits à haute teneur en aluminium de ceux à haute teneur en zinc. La première fraction a ensuite été traitée en milieu d'une densité de 2,6, ce qui a donné un produit contenant 99,5 %

d'aluminium. La deuxième fraction a été traitée en milieu d'une densité de 7,1, ce qui a donné un produit contenant 99,5 % de zinc.

- iii) Au cours des essais de la Warren Spring, 13 % des ordures entrant dans l'usine ont été traitées dans le séparateur à milieu saumâtre. On a noté que la fraction légère était de 4 % et la fraction lourde, de 9 %. La composition du produit était la suivante:

	<u>Fraction lourde (%)</u>	<u>Fraction légère (%)</u>
Papier	-	2
Plastique	41	5
Verre	69	1
Métaux ferreux	3	-
Métaux non ferreux	2	-
Textiles	-	3
Matières putrescibles	6	73
Divers	15	16
Fines	5	-

Le verre et les matériaux non ferreux de la fraction lourde représentaient respectivement 60 et 35 % de la quantité totale de ces produits obtenus par ce procédé.

- iv) Dans le système de l'U.S.B.M. pour le traitement des rejets du déchiqueteur d'automobiles (fig. 3), les matériaux traités par élutriation ont été soumis à un traitement de séparation en milieu à forte densité utilisant une pâte composée de galène et d'eau, d'une densité de 3,0. La fraction légère récupérée contenait 97 % d'aluminium et 1 % d'autres métaux (vis, écrous et boulons non dégagés) et 2 % de particules non métalliques. Ce matériau représentait environ 2 % des matériaux à traiter par l'ensemble du système et environ 53 % de la quantité

totale d'aluminium.

Le métal lourd récupéré était un mélange constitué de 88 % de zinc, 2 % de cuivre, 9 % de plomb et 1 % d'acier inoxydable, représentait environ 14 % des matériaux à traiter.

Toutefois, ni le lavage aux jets d'eau ni l'immersion avec agitation n'ont réussi à éliminer complètement la couche de galène déposée sur les métaux et on recommande d'utiliser à l'avenir du ferrosilicium.

RÉCUPÉRATION DE L'ALUMINIUM (5, 6, 7, 17,
(OU DES MÉTAUX NON MAGNÉTIQUES) 18, 21, 27, 30,
31)

Principe

On est en train de mettre au point deux méthodes permettant de séparer les métaux non magnétiques du verre, de la pierre, de la céramique, etc., dans les déchets solides. Ces méthodes sont basées sur l'utilisation des forces électrostatiques ou électromagnétiques.

a) Forces électrostatiques

Le produit à traiter est soumis à une charge électrique. Or, parmi les matériaux à traiter, les conducteurs ne retiennent cette charge que pendant une courte période, alors que les non-conducteurs la retiennent un peu plus longtemps. Ainsi, mis en présence d'un tambour en rotation portant une charge opposée les non-conducteurs adhèrent tandis que les conducteurs s'en détachent immédiatement (fig. 22). On peut donc obtenir une séparation des matériaux en utilisant une plaque de dissociation. Le matériau à traiter doit être sec et ses dimensions relativement uniformes. Le papier se comporte comme un conducteur, et le plastique comme un non-conducteur.

b) Forces électromagnétiques

Cette technique est également appelée séparation par courants de Foucault. Elle est basée sur le fait qu'un champ magnétique, variable dans le temps, induit des courants électriques dans un conducteur. Ce courant est accompagné d'un champ magnétique dirigé dans le sens contraire du champ de sa source. Il y a donc création d'une force de répulsion qui éloigne le conducteur du champ qui lui a donné naissance.

On peut obtenir cet effet en faisant passer un matériau dans un champ magnétique constant ou en faisant traverser un matériau par un champ (déplacement réel ou déplacement par des méthodes de dédoublement électrique).

L'accélération donnée au métal, par induction de courants de Foucault dépend, entre autres, de la conductivité et de la densité du métal. Voici les différentes valeurs de conductivité/densité pour différents métaux non ferreux:

Aluminium	13,1 mho-m ² /kg
Cuivre	6,6
Argent	6,0
Zinc	2,4
Laiton	1,7
Étain	1,2
Plomb	0,4

Comme on peut le constater, à facteurs équivalents, l'accélération donnée à l'aluminium est deux fois supérieure à celle qui est donnée au métal le plus proche. Ainsi, la séparation par courants de Foucault permet d'isoler l'aluminium de façon très complète.

Rendement

a) Méthode électrostatique

i) Les essais effectués pour le compte du NCRR avec un appareil Carpco ont donné les résultats suivants:

	<u>Total</u>	<u>1 x 1/2 po</u>	<u>1/2 po x 3 po de maille</u>	<u>< 3 po de maille</u>
Verre (%)	56,6	18,4	9,7	28,5
Aluminium (%)	18,3	4,9	5,7	7,7
Rejets (%)	25,1	10,9	4,6	9,6
Total	100	34,2	20,0	45,8

Le matériau à traiter était la fraction légère d'un séparateur à milieu de forte densité (3,0) provenant elle-même de la fraction lourde d'un séparateur pneumatique de l'usine de St. Louis. Le matériau à traiter est séché puis tamisé pour donner trois classes granulométriques, comme le montre le tableau. On a effectué une séparation en deux étapes, c'est-à-dire que le matériau est passé dans l'appareil à deux reprises, le premier traitement permettant d'obtenir une classification grossière, et le deuxième permettant de raffiner les produits du premier traitement.

Les rejets étaient principalement constitués de pierres. On retrouvait également des pierres dans le produit, ce qui indique la nécessité de procéder à des essais supplémentaires.

ii) Anciennement dans la section du système Black-Clawson qui traitait le verre et l'aluminium (fig. 4), la fraction minérale de l'hydro-cyclone passait sur des tamis de 0,75 et de 0,25 po. Les particules plus grosses que 0,75 po étaient renvoyées à l'usine de traitement et les particules plus petites que 0,25 po étaient éliminées.

Le reste subissait un tri magnétique, puis était séché dans un four rotatif. On séparait les particules à haute teneur en aluminium et les particules à haute teneur en verre par séparation pneumatique.

On faisait ensuite passer la fraction à haute teneur en aluminium par un séparateur électrostatique pour augmenter encore la concentration d'aluminium. Les résultats étaient les suivants:

	Après classification pneumatique (%)	Après séparation électrostatique (%)
Aluminium	39,6	73,8
Verre	1,6	1,7
Déchets	55,7	24,3
Classe granulométrique -20	3,1	0,2

Toutefois, ce produit ne pouvait toujours pas être utilisé comme matière première pour la fabrication de contenants en aluminium, à cause de sa teneur en cuivre et en zinc.

On a donc cru bon de repenser cette section du système Black-Clawson; dans sa nouvelle version, la fraction minérale provenant du cyclone est soumise à un tri magnétique, à un tamisage pour recueillir les particules dont la taille est comprise entre 3/4 et 1/4 de pouce, puis à une séparation en milieu à forte densité pour éliminer tout résidu organique. On sépare l'aluminium, les autres métaux non ferreux et le verre les uns des autres à l'aide d'un crible à secousses. La pureté de l'aluminium ainsi obtenu est supérieure à ce qu'on obtenait de l'ancien système et satisfait apparemment les besoins de l'industrie.

b) Méthode électromagnétique

- i) Des travaux de recherche à l'université de Vanderbilt, à Nashville, ont démontré que pour un appareil à champ magnétique variable (PULSORT), il fallait une puissance à l'entrée de 2 à 10 HP pour chaque tonne de matières traitée. Au cours d'essais effectués avec des déchets solides urbains déchiquetés et passés au séparateur pneumatique et des résidus d'incinérateur, le taux de récupération des boîtes d'aluminium était de 80 à 90%, celui du papier d'aluminium atteignant 70 %, celui du zinc, 55 %, et celui du laiton, 45 %.
- ii) On a ajouté une étape de tri électromagnétique à la section pyrolyse du système Garret (maintenant appelé Occidental) (fig. 23). La fraction lourde provenant du séparateur pneumatique passe sur un tamis et la partie à haute teneur en métal refusée par le tamis (3 1/2 x 1/2 po) passe au-dessus de moteurs à induction linéaire sur un tapis roulant en acier inoxydable. L'onde mobile des moteurs accélère les conducteurs vers un côté de la courroie. A un rythme d'alimentation de 2 t/h et à une vitesse de courroie de 540 pi/mn les proportions de récupération étaient les suivantes:

<u>Teneur (%)</u>	
Boîtes d'aluminium	73,4
Autres objets d'aluminium	72,7
Papier d'aluminium	9,0
Cuivre, laiton	36,5
Acier inoxydable	12,0
Métal au creuset	56,0
Composés organiques	3,4

Le taux de récupération du papier d'aluminium était bas, mais on a démontré qu'avec d'autres modèles de moteurs on pouvait récupérer les particules métalliques de plus petite taille, au moins jusqu'à 4 mailles au pouce.

iii) On retrouve un dispositif semblable dans le système CPU-400 à lit fluidisé et à turbine à gaz (fig. 24). Au sortir du trommel on fait passer la fraction de $4 \times 1 \frac{1}{2}$ po dans un champ magnétique alternatif, sur un tapis roulant. L'appareil est de dimension suffisante pour une installation traitant 20 t/h de déchets solides. Dans le cas de la fraction de $4 \times 1 \frac{1}{2}$ po, on s'attache surtout à la récupération des boîtes d'aluminium. Pour les déchets déchiquetés par trois machines différentes, les taux d'efficacité de récupération étaient les suivants:

	Menlo Park, Ca	St. Louis, Mo	Wilmington, Del.
Récupération des boîtes en aluminium (%)	70	60	90
Récupération de l'aluminium total (%)	50	45	60

(pour la fraction lourde seulement)

L'efficacité est proportionnelle à la taille des particules déchiquetées.

On travaille actuellement à la mise au point d'un appareil pouvant extraire les métaux non ferreux de la fraction de $1 \frac{1}{2} \times \frac{5}{8}$ de pouce.

iv) Raytheon travaille actuellement à la mise au point d'un appareil qui utilise un aimant permanent et ne consomme donc pas de courant. Des bandes à aimant permanent de polarité opposée sont encastrées à la surface d'une rampe, les bandes étant inclinées à un angle d'environ 45° par rapport à l'axe de la rampe. À mesure que les particules métalliques glissent le long de la rampe, elles se déplacent à travers un champ magnétique alternatif et sortent du flot des particules non magnétiques. Des essais effectués avec des disques de divers métaux non ferreux ont permis de démontrer que les déviations réelles correspondaient assez bien à celles qui étaient prévues.

On a également effectué des essais avec la fraction lourde provenant du séparateur pneumatique secondaire du système de l'U.S.B.M. (fig. 2); on a tenté d'extraire les métaux non ferreux de la fraction organique lourde. On a déterminé que l'angle d'inclinaison optimal de la rampe était de 40° par rapport à l'horizontale; ceci permettait d'obtenir un taux de récupération de 80 % (avec une concentration de 90 %) à un rythme de 0,2 t/h. Le taux de récupération tombait à 70 % (avec une concentration de 80 %) à un rythme de 1,0 t/h. A moins de 20 %, la teneur en humidité n'avait pas d'effet sur l'efficacité de la récupération, mais à partir de 30 %, les composés organiques avaient tendance à adhérer à la rampe et à faire diminuer le rendement.

RÉCUPÉRATION DU VERRE (7, 18, 20, 21, 22)

Principe

Pour la récupération du verre contenu dans les déchets urbains solides, les deux procédés qui ont été soumis au plus grand nombre d'essais sont la flottation par mousse et la méthode Sortex de séparation par couleurs.

a) Flottation par mousse

Cette méthode nécessite un broyage préalable du verre en très fines particules ce qui rend le tri par couleurs presque impossible.

Le mélange de départ, finement broyé (la taille courante se situe entre 20 et 200 mailles au pouce) est traité avec un réactif qui est absorbé sélectivement à la surface des particules de verre. Le réactif rend les particules hydrophobes, et quand le mélange est plongé dans de l'eau que l'on agite pour faire monter à la surface un flot de petites bulles d'air, celles-ci adhèrent aux particules de verre et les entraînent à la surface. Il se forme à la surface de l'eau une mousse de particules de verre, qui est ensuite écrémée. Les autres particules, mouillées par l'eau, coulent au fond, d'où elles sont évacuées par les courants de fond de la cuve.

b) Tri par couleurs (fig. 25)

Pour l'utilisation efficace de cette méthode, la taille des particules doit être comprise entre $3/4$ et $3/16$ de pouce. Le rythme d'arrivée des particules est déterminé par un alimentateur à mouvement vibratoire de sorte que les particules sont espacées régulièrement le long de la ligne centrale d'un tapis roulant de caoutchouc. Les particules sont alors projetées suivant une trajectoire approximativement perpendiculaire aux hublots d'observation de la section optique.

Cette section comporte jusqu'à trois lampes de forte intensité qui servent de sources lumineuses à un nombre égal de cellules photoélectriques. Ces cellules sont placées à 120° les unes des autres et les appareils optiques sont réglés de façon que le champ d'observation des trois cellules convergent en un même point, ce qui assure une visibilité de 360° pour observer la particule qui

passer par ce point. On place devant l'objectif de la cellule un filtre qui augmente les propriétés réflexives de la particule. Sur le côté opposé à la cellule, on place une plaque d'arrière-plan de couleur normalisée, prise comme condition zéro par rapport à laquelle toute déviation est signalée à la section électronique.

Les paramètres électroniques sont réglés manuellement pour l'obtention de la séparation voulue. Pour séparer les particules claires des particules plus foncées, la cellule photoélectrique n'envoie un signal au système électronique que si la couleur de la particule qui passe est la même ou est plus claire que celle de la plaque d'arrière-plan de couleur normalisée ou inversement pour la séparation des particules foncées. Dans tous les cas, le signal est suffisamment différé pour permettre à la particule de tomber en un point situé en face de la section d'éjection. Ceci demande environ 30 millisecondes.

La section d'éjection est constituée de soupapes pneumatiques à commande électronique. A l'émission du signal d'éjection, la soupape s'ouvre pendant environ 5 millisecondes et laisse échapper un jet d'air fortement comprimé qui éjecte la particule choisie.

Rendement

a) Flottation par mousse

Le système Garret (fig. 23) permet de récupérer le verre des fractions à la fois légère et lourde du séparateur pneumatique. Le verre est broyé en petites particules, puis passe sur un tamis de 1/4 de pouce où on en récupère 95 %. Après une série d'opérations de broyage, de tamisage et de classification, on obtient un produit contenant une forte proportion de verre qui se situe entre 20 et 200 mailles au pouce que l'on mélange avec des réactifs de façon à obtenir 30 % de matières solides; on achemine alors ce mélange vers les cuves de flottation où le gros du verre est

enlevé en même temps que le produit moussant. On forme ensuite une nouvelle solution dans une cuve plus propre avec laquelle on reprend la flottation sans rajouter de réactif. Après un autre nettoyage, le verre est pur à 99 %. L'efficacité de récupération de ces appareils est supérieure à 98 %, et le taux de récupération représente plus de 70 % du verre contenu dans le produit initial.

Des essais ont montré qu'un groisil composé de particules de verre finement broyées et de couleurs diverses pouvait remplacer le groisil ordinaire dans la fabrication du verre de couleur verte et de couleur jaune.

b) Tri par couleurs

A l'usine Black Clawson de Franklin, on a fait l'essai d'une machine Sortex à six canaux avec une fraction riche en verre provenant d'un séparateur électrostatique Carpco (qui sépare les métaux résiduels du verre et de la céramique). Ce type de machine n'utilise qu'une cellule photoélectrique par dispositif optique. Quatre des courroies d'amenée séparaient le verre de couleur du verre flint et les deux autres traitaient les particules de verre coloré en séparant le verre de couleur verte du verre de couleur jaune. La répartition des courroies (4 pour 2) était arbitraire et avait été choisie en fonction des types de verre les plus présents dans le matériau traité à l'usine de Franklin.

Calculés par rapport au matériau de la fraction minérale de l'hydrocyclone, les taux de récupération sont de 15,3 % pour le verre flint, de 8,0 % pour le verre jaune et de 6,6 % pour le verre de couleur verte. Ceci représente environ 50 % du verre du mélange initial, la principale perte survenant au niveau des particules de taille inférieure à 1/4 de pouce.

Toutefois, le verre recueilli contient une forte proportion d'éléments réfractaires, ce qui le rend impropre à un traitement au four à fusion. Les matériaux réfractaires, ou poterie à pâte blanche, constituaient de 1 à 4 % de la fraction de verre flint et jusqu'à 7 % de la fraction de verre jaune. On a donc dû ajouter un séparateur de matériaux opaques au système. Cet appareil est analogue au séparateur par couleur sauf qu'il sépare les objets opaques des objets transparents ou translucides.

Le dernier modèle essayé à Franklin avait une goulotte d'alimentation au lieu d'un tapis roulant, ce qui en augmente le débit. On travaille aussi à la mise au point d'un modèle pouvant traiter des particules plus fines ce qui permettra d'accroître considérablement les taux de récupération.

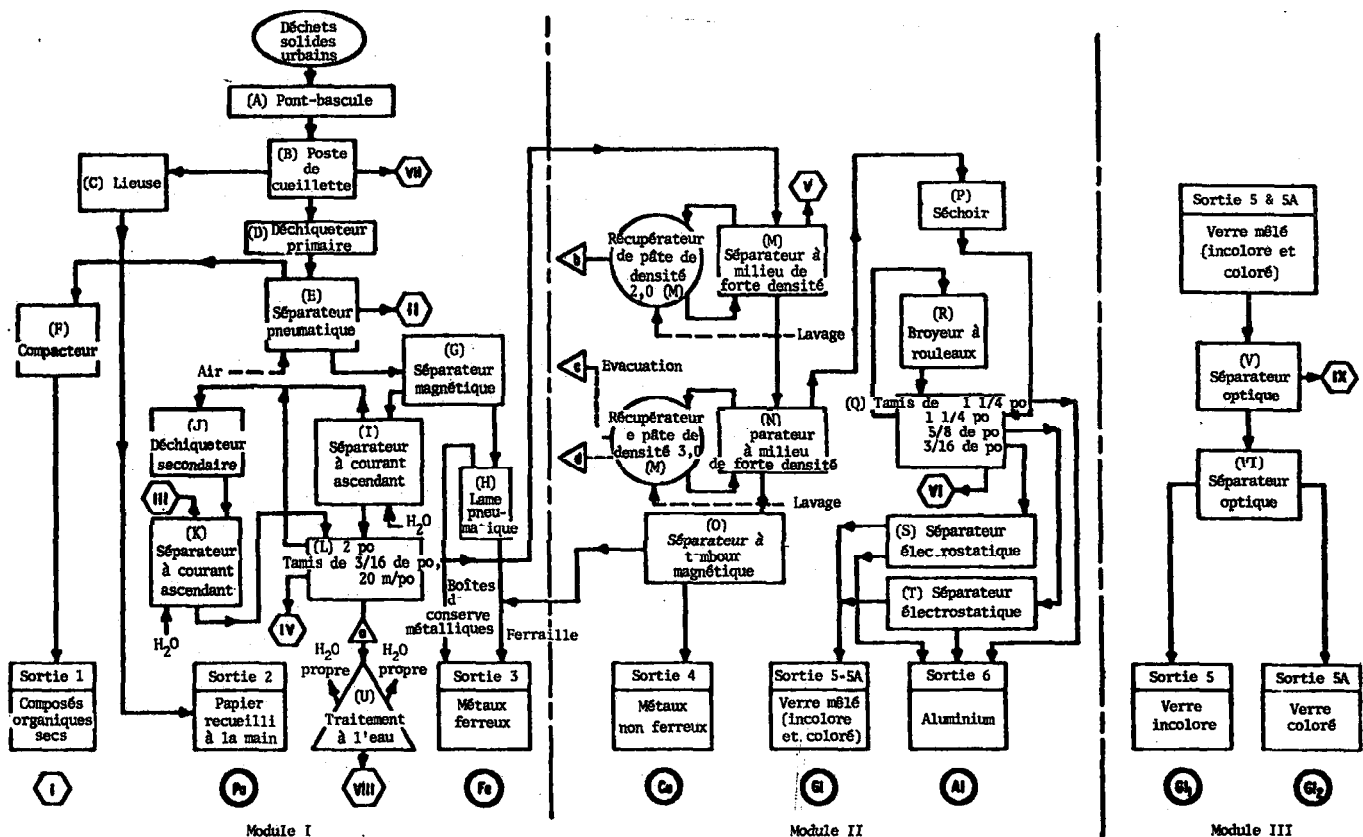
RÉFÉRENCES

1. "Air classification -- Second step toward recovery " NCRR Bulletin, Vol. III, No. 3, été 1973.
2. H. Alter et al., "Classification and concentration of municipal solid waste" Procès-verbaux du IV^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 70 à 76.
3. D. Arella, "Recovering resources from solid waste using wet processing" EPA Report SW-47d, 1974.
4. D. Bendersky et al., "St. Louis refuse fuel demonstration plant -- Technical and economic performance " Proceedings -- Conversion of refuse to energy -- Montreux, Suisse, nov. 1975, p. 7 à 13.
5. J. Campbell, "Electromagnetic separation of aluminum and non-ferrous metals" Procès-verbaux du IV^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 95 à 102.
6. "Cost analysis for the New Orleans resource recovery and disposal program" NCRR, 1974.
7. J. P. Cummings, "Glass and aluminum recovery subsystem -- Franklin, Ohio" Procès-verbaux du IV^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 106 à 115.
8. K. C. Dean et al., "Preliminary separation of metals and non-metals from urban refuse" Bureau of Mines Technical Progress, Rapport No. 34, juin 1971.
9. K. C. Dean et al., "Recovery of aluminum from shredded municipal and automotive wastes" Resource Recovery and Conservation, Vol. 1, No. 1, mai 1975, p. 55 à 66.

10. V. R. Degner et R. McChesney, "Performance of advanced R. C. separator on municipal solid waste" Procès-verbaux du IV^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 63 à 69.
11. E. Douglas et P. Birch, "Recovery of potentially re-usable materials from domestic refuse by physical sorting" Présentation faite au symposium "Technology of Reclamation" University of Birmingham, Angleterre, avril 1975.
12. P. Franconeri, "How to select a shredder" Solid Wastes Management/RRJ, juin, juillet, août 1975.
13. L. J. Froisland et al., "Recovering metal from non-magnetic auto-shredder reject" Bureau of Mines Report of Investigations No. 8049, 1975.
14. S. Ghosh et D. L. Klass, "Conversion of urban refuse to substitute natural gas by the biogas process" Procès-verbaux du IV^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 196 à 211.
15. R. M. Hill, "Effective separation of shredded M.S.W. by elutriation" 78^e congrès national de l'American Institute of Chemical Engineers (1974).
16. "Magnetic separation ... A basic process " NCRR Bulletin, Vol. IV, No. 4, automne 1974, p. 2 à 6.
17. H. Makar et R. DeCesare, "Unit operations for non-ferrous metals recovery" Resource Recovery and Utilization, ASTM STP 592, 1975, p. 71 à 88.
18. "Materials recovery system -- Engineering feasibility study " NCRR, Décembre 1972.

19. R. McChesney et V. Degner, "Hydraulic, heavy media and froth floatation processes applied to recovery of metals and glass from municipal solid waste streams" Présenté au 78^e congrès national de l'AICHE, Salt Lake City, août 1974.
20. B. Morey, "Glass recovery from municipal trash by froth floatation" Procès-verbaux du 3^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mars 1972, p. 311 à 321.
21. B. Morey, "Inorganic resource recovery and solid fuel preparation from municipal trash" Procès-verbaux du 4^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 85 à 94.
22. F. Palumbo, "Concentrating glass cullet recovered from unburned urban refuse and incinerator residues" Procès-verbaux du 3^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mars 1972, p. 323 à 330.
23. J. Reinhardt et R. Ham, "Final report on a milling project at Madison, Wisconsin" EPA, mars 1973.
24. H. Rogers et S. Hitte, "Solid waste shredding and shredder selection" EPA report SW-140, mars 1975.
25. J. Ruf, "Refuse shredders at EPA's Gainesville, Florida, experimental composting plant" Waste Age, p. 58 à 66, mai-juin 1974.
26. G. Savage et G. Trezek, "On grinder wear in refuse comminution" Compost Science Magazine, Vol. 15, No. 5, p. 5 à 11, sept.-oct. 1974.
27. E. Schlomann, "Separation of non-magnetic metals from solid waste by permanent magnets", Journal of Applied Physics, Vol. 46, No. 11, nov. 1975, p. 5012 à 5029.
28. "Shredders ... Processing our solid waste" NCRR Bulletin Vol. III, No. 1, p. 12 à 18, été 1973.

29. "Solid waste shredding: Blueprint for progress" Waste Age, Vol. 6, No. 8, p. 11 à 15, juillet 1975.
30. E. Sommer et G. Kenny, "An electromagnetic system for dry recovery of non-ferrous metals from shredded municipal solid waste" Procès-verbaux du 4^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 77 à 84.
31. D. Spencer et E. Schlömann, "Recovery of non-ferrous metals by means of permanent magnets" Resource Recovery and Conservation, 1 (1975), p. 151 à 166.
32. P. M. Sullivan et al., "Resource recovery from raw urban refuse" Bureau of Mines Report of Investigations No. 7760, 1973.
33. P. M. Sullivan et H. V. Makar, "Bureau of mines process for recovering resources from raw refuse" Procès-verbaux du 4^e symposium sur l'utilisation des déchets minéraux, Chicago, mai 1974, p. 128 à 141.
34. G. Trezek et G. Savage, "Results of a comprehensive refuse comminution study" Waste Age, Vol. 6, No. 8, p. 49 à 55, juillet 1975.
35. E. Twichell, "One company's approach to ferrous extraction" Solid Waste Mgt/Refuse Removal Journal, Vol. 18, No. 11, nov. 1975, p. 48.



Indique le renvoi de l'eau à l'appareil de traitement (U)

PRODUITS À VALEUR COMMERCIALE

- (Pa) papier trié à la main
- (Fe) métaux ferreux - en balle ou en vrac
- (Cu) métaux non ferreux : p. ex: Cu, Pb, Zn, acier inoxydable
- (V) verre mûlé (incolore et coloré)
- (Al) aluminium
- (V₁) verre incolore
- (V₂) verre coloré

SOUS-PRODUITS OU DÉCHETS

- (I) Composés organiques secs
- (II) Poussières
- (III) Composés organiques humides - fraction légère du séparateur à courant ascendant
- (IV) Fines du tamis de lavage
- (V) Fraction légère du milieu de densité 2
- (VI) Fines de verre de moins de 3/16 de po
- (VII) Gros objets retirés à la main, p. ex. chaises de jardin
- (VIII) Sédiment des filtres
- (IX) pierres, céramique, etc.

Figure 1. - Système de récupération de la NCRR
(Réf. ASTM, STP 592)

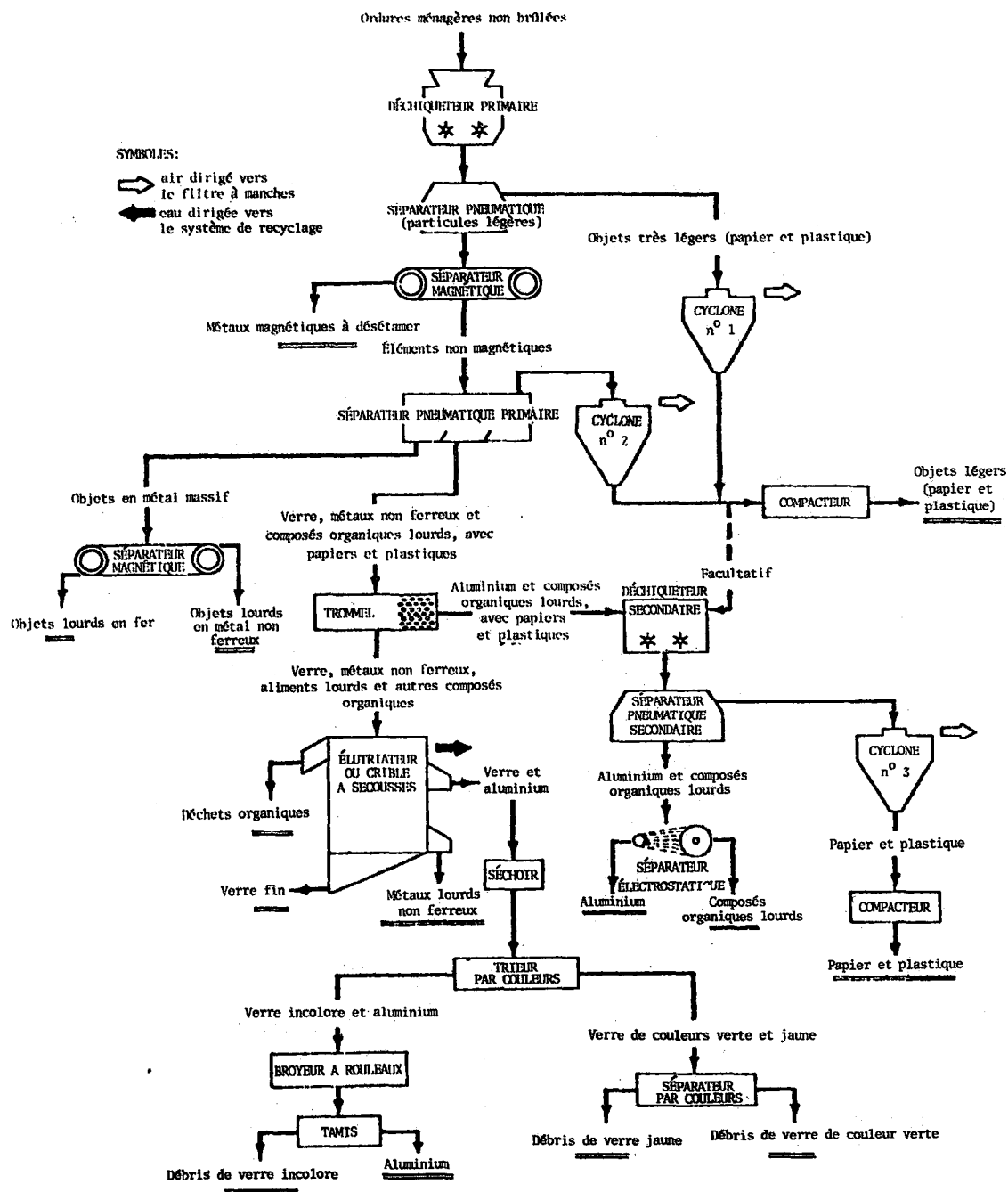


Figure 2. - Système de récupération des ordures ménagères brutes de 1'U.S.B.M. (Réf. 33)

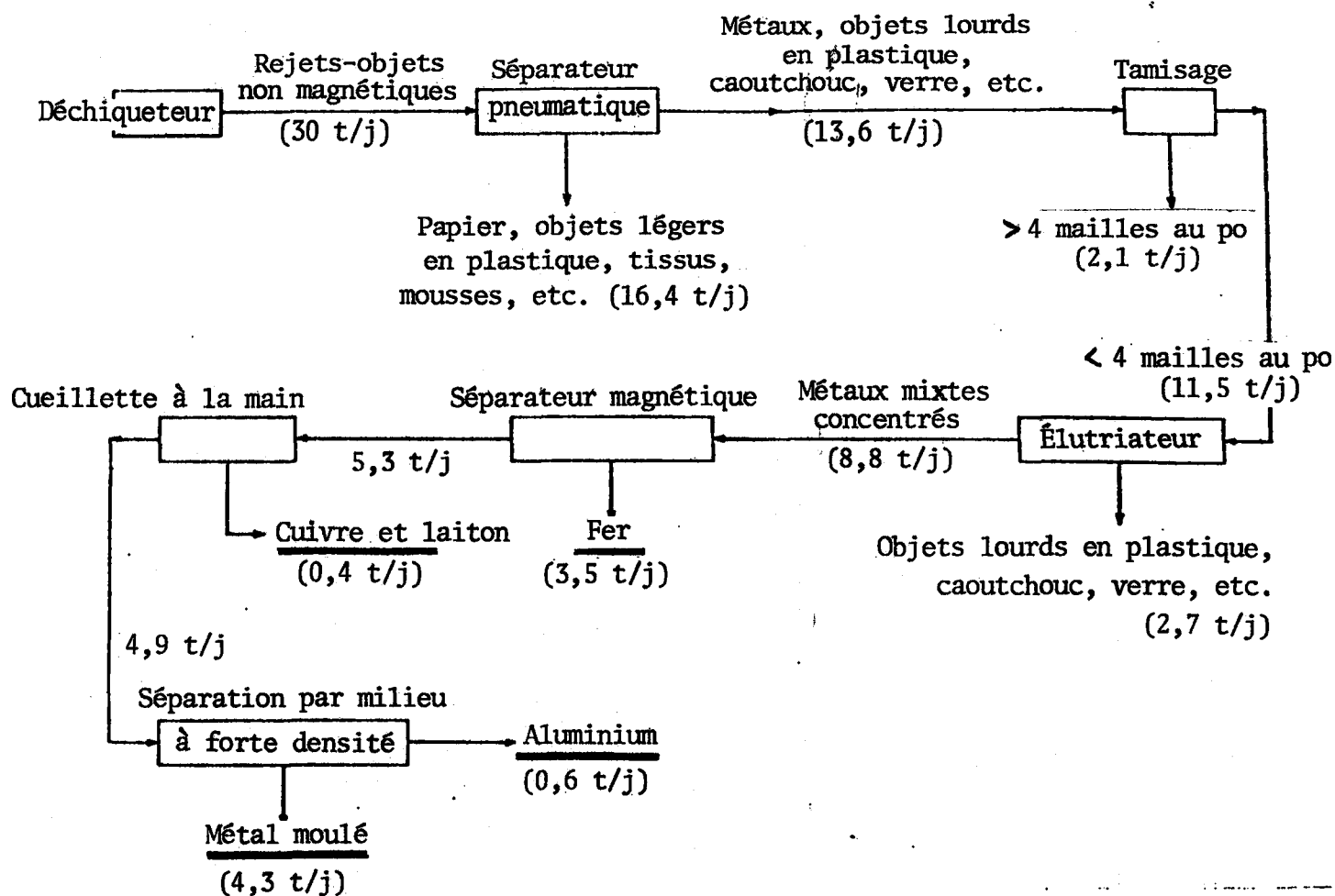


Figure 3. - Système de récupération des résidus d'incinérateur de l'U.S.B.M. (Réf. 13)

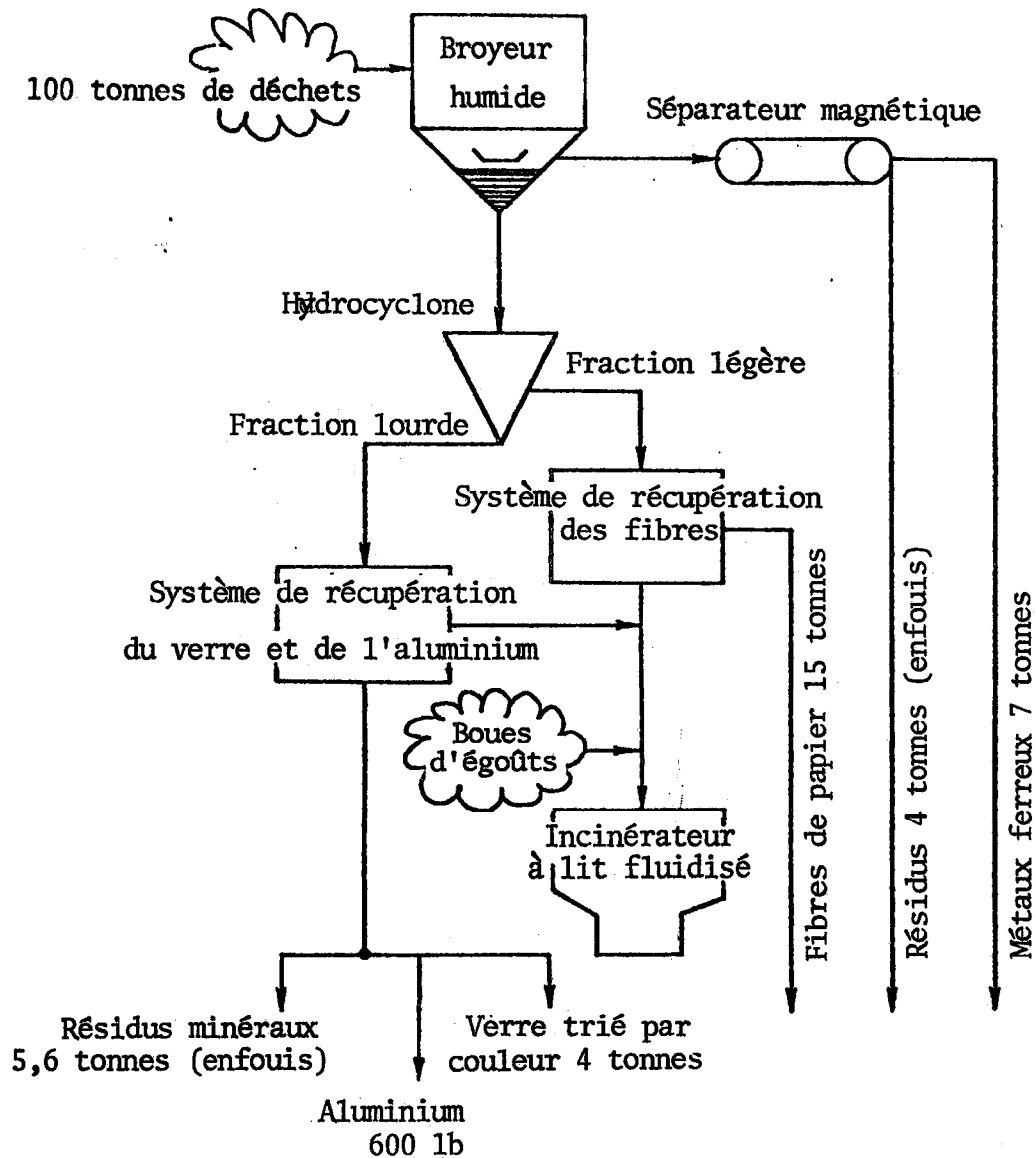
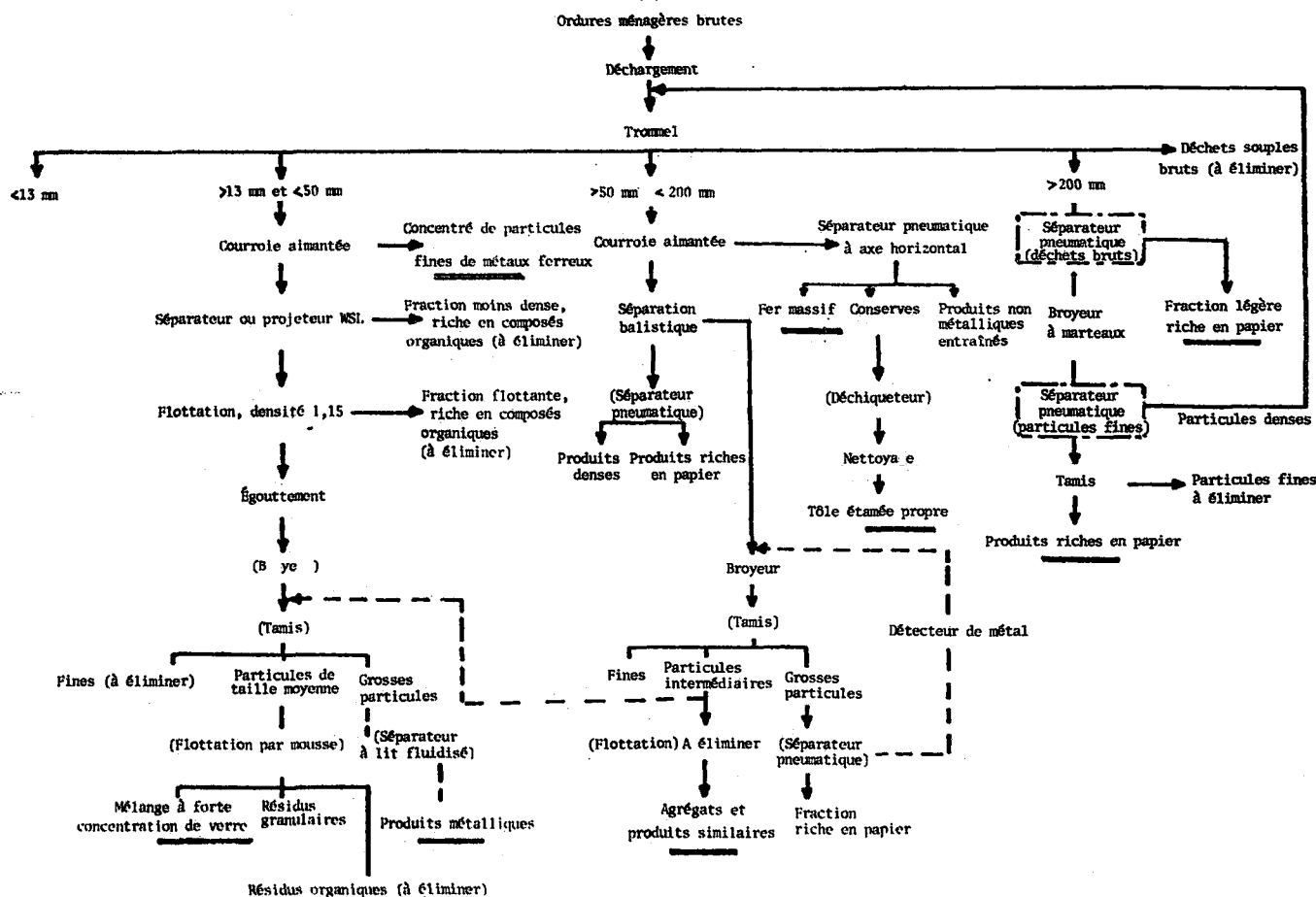


Schéma simplifié du procédé utilisé à Franklin indiquant le nombre approximatif de tonnes de divers matériaux rendus par 100 tonnes de déchets solides d'une composition typique des populations des É.-U. (selon l'évaluation de l'E.P.A.). L'usine est constituée de trois sous-systèmes: un système d'élimination des déchets solides équipé d'un séparateur de métaux ferreux, un système de récupération des fibres de papier, et un système de récupération du verre et de l'aluminium.

Figure 4. - Système de récupération Black Clawson (Réf. 3)



Circuit de traitement des ordures ménagères brutes du laboratoire de Warren Spring

- Remarques:
- (1) les cases en pointillés indiquent les étapes facultatives;
 - (2) Les étapes placées entre crochets sont pour l'instant à l'étude;
 - (3) les hachures indiquent les possibilités à étudier

Figure 5. - Système de récupération de Warren Spring (Réf. 11)

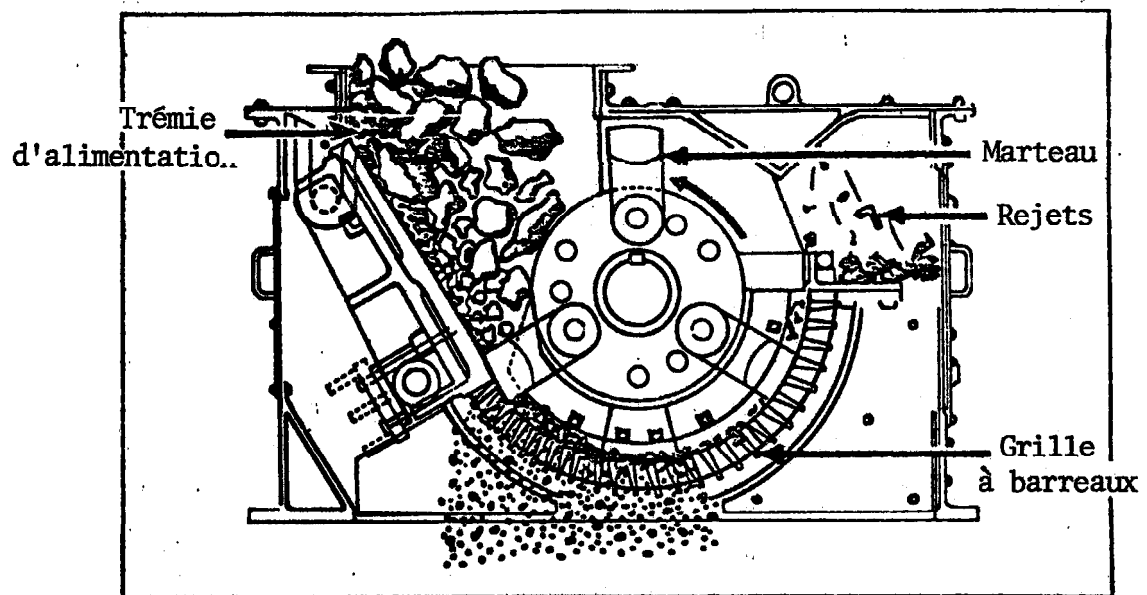
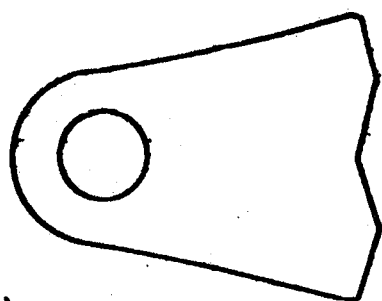
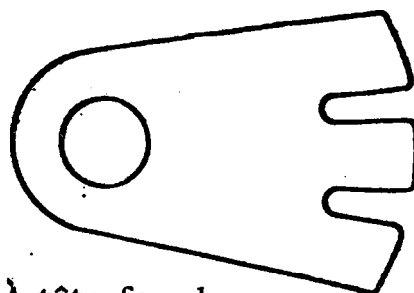


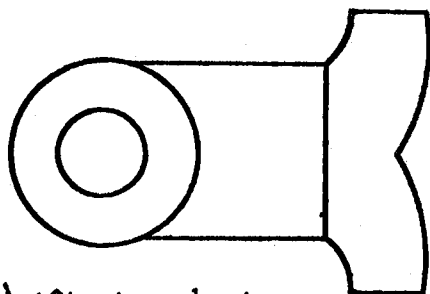
Figure 6. - Broyeur à marteaux de type horizontal (Réf. 28)



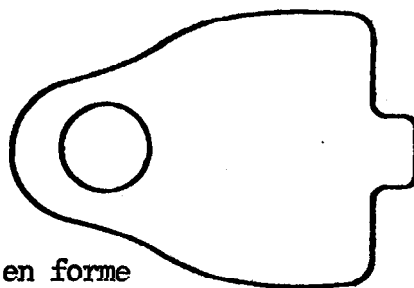
À tête évasée



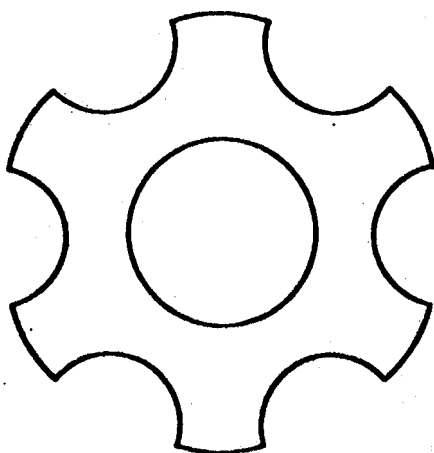
À tête fourchue



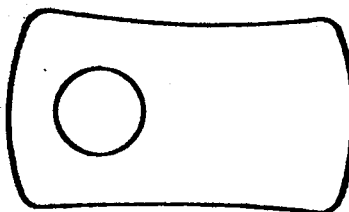
À tête tranchante



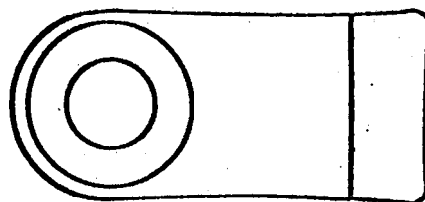
À tête en forme
de cloche



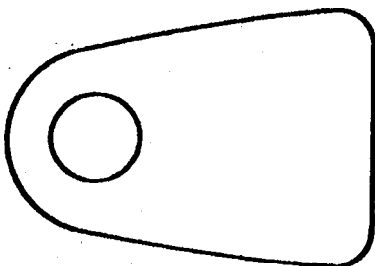
Anneau de déchiqueteur



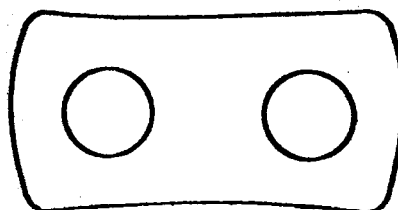
À deux têtes



Riflard



À tête ronde



À quatre têtes

Figure 7. - Types de marteaux (Réf. 24)

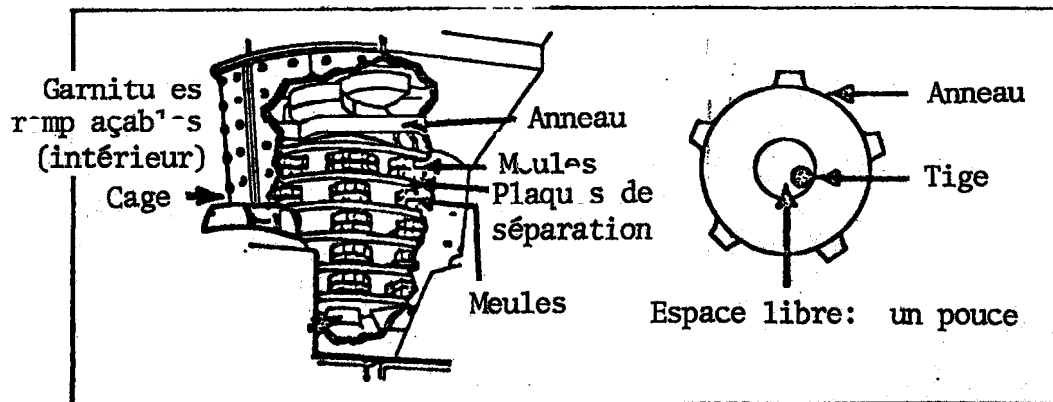
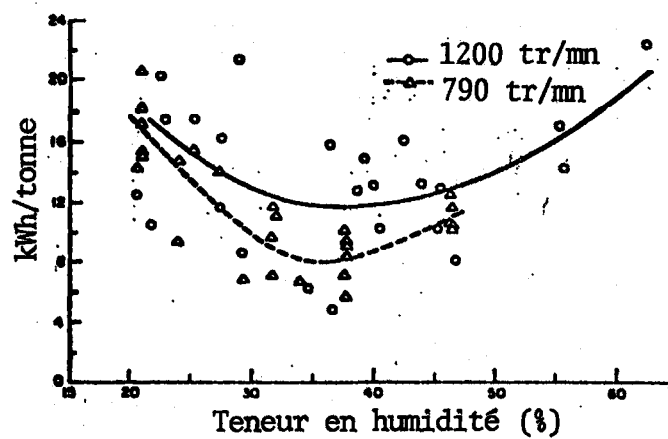


Figure 8. - Broyeur à anneaux (Réf. 28)

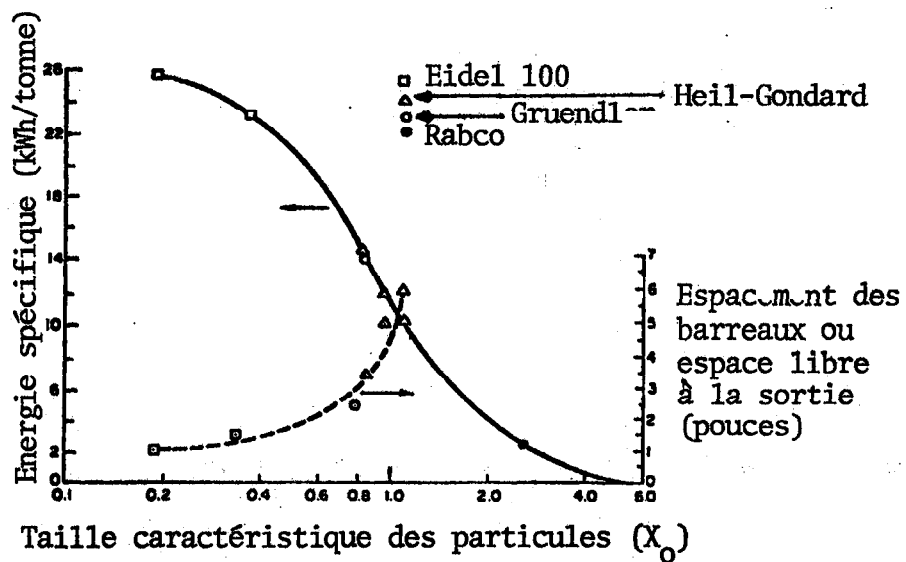


Effet de la teneur en humidité sur la consommation spécifique d'énergie pour des vitesses de rotor du broyeur de 1200 et de 790 tr/mn.

Figure 9. - (Réf. 34)

Teneur en humidité des ordures: 25 à 30 %

$X_0 = 6,0$ correspond à l'énergie de référence nulle



Comparaison de l'énergie spécifique et de l'espace libre à la sortie à la taille caractéristique des particules (X_0) pour différents broyeurs.

Figure 10. - (Réf. 34)

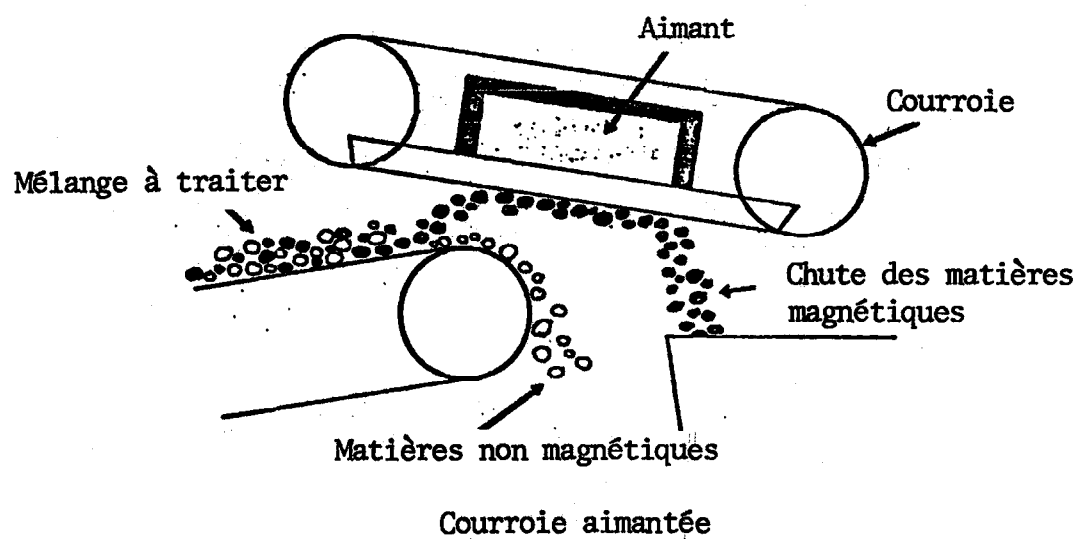


Figure 11. - (Réf. 16)

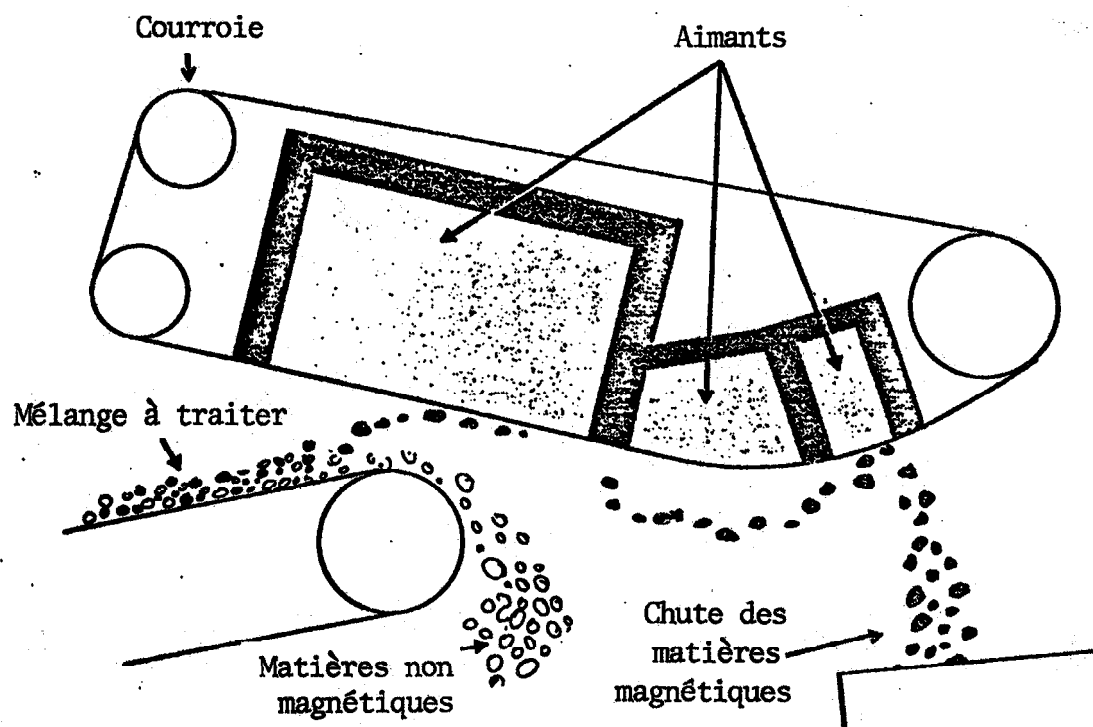


Figure 12. - Séparateur magnétique multipolaire (Réf. 16)

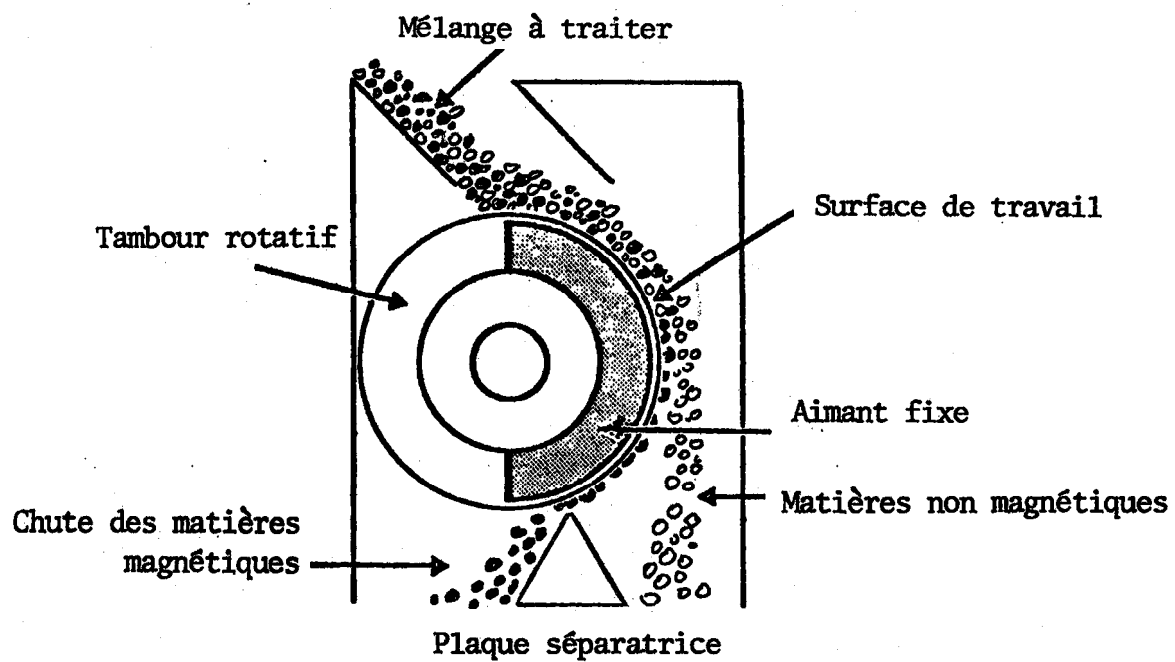


Figure 13. - (Réf. 16)

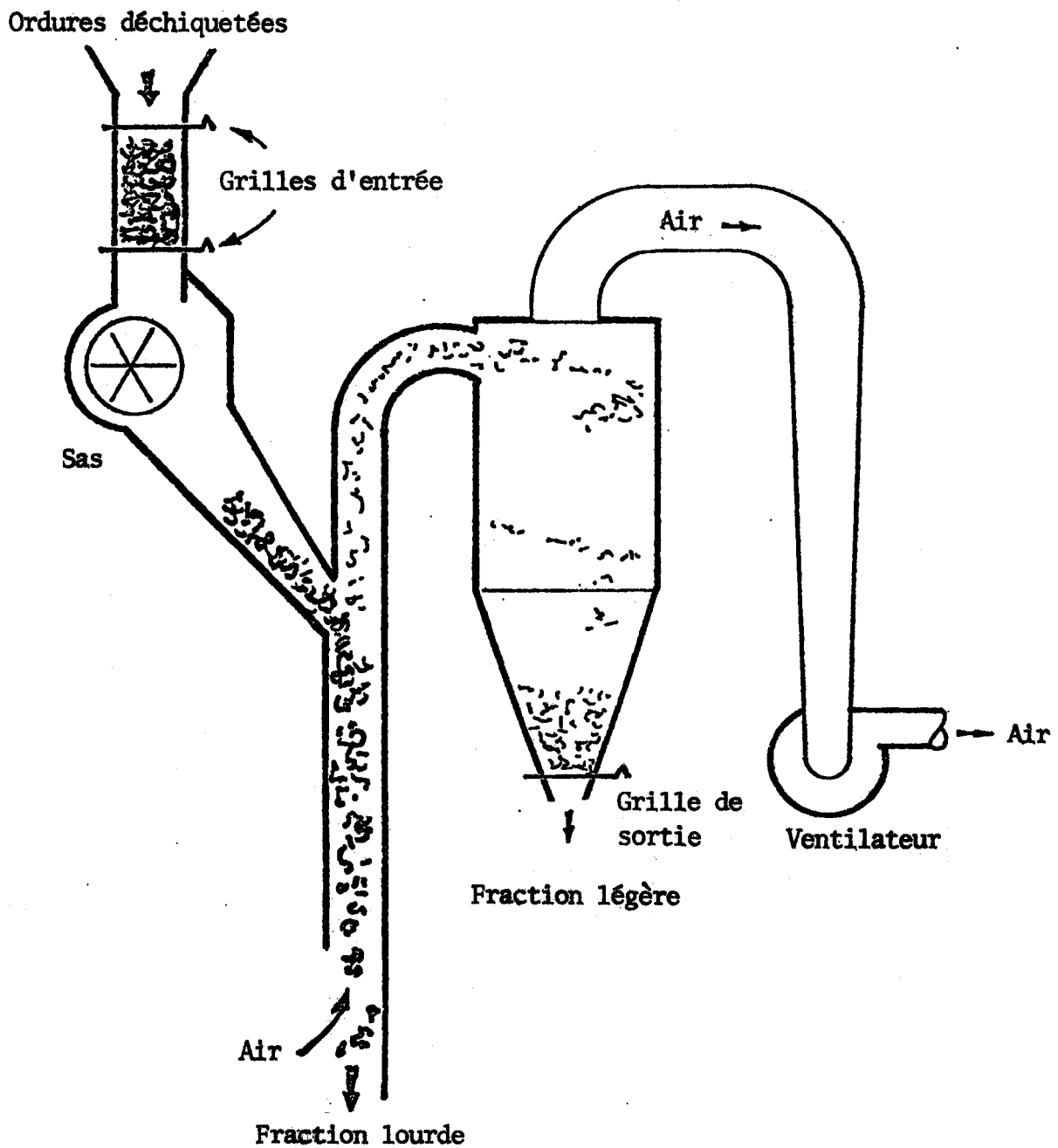


Figure 14. - Séparateur pneumatique à axe vertical (Réf. 18)

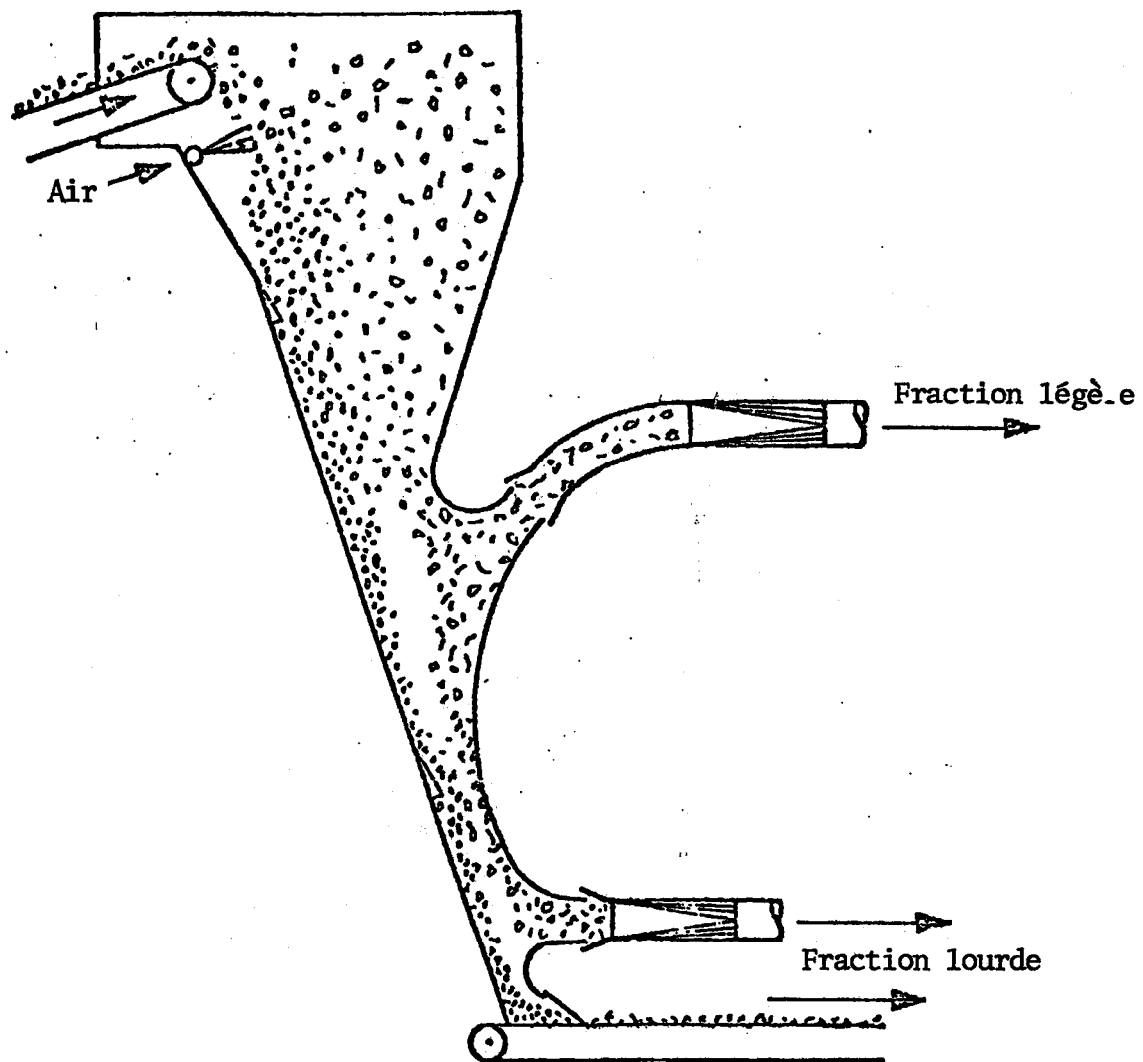


Figure 15. - Séparateur pneumatique Metropolitan

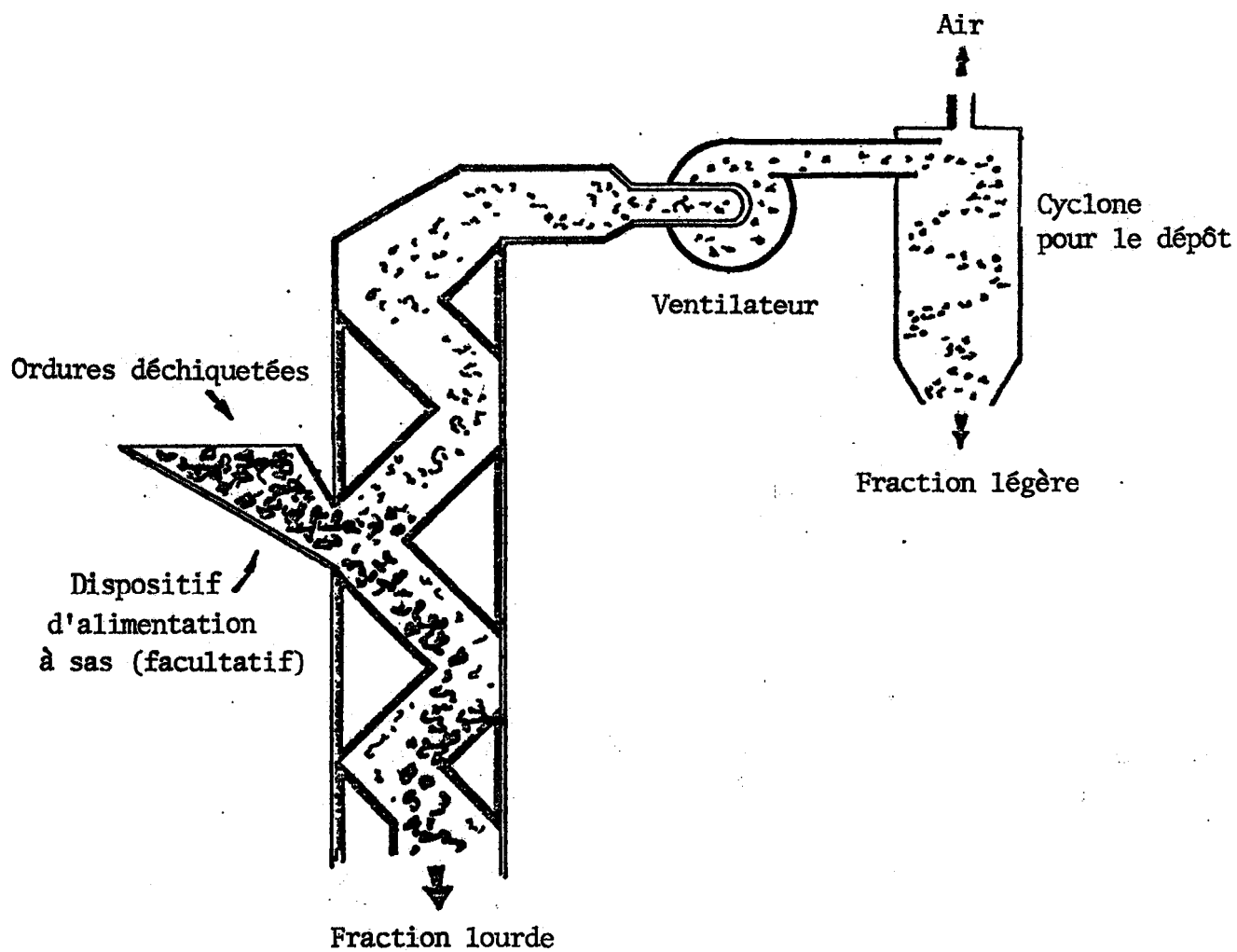


Figure 16. - Séparateur pneumatique en zigzag (Réf. 18)

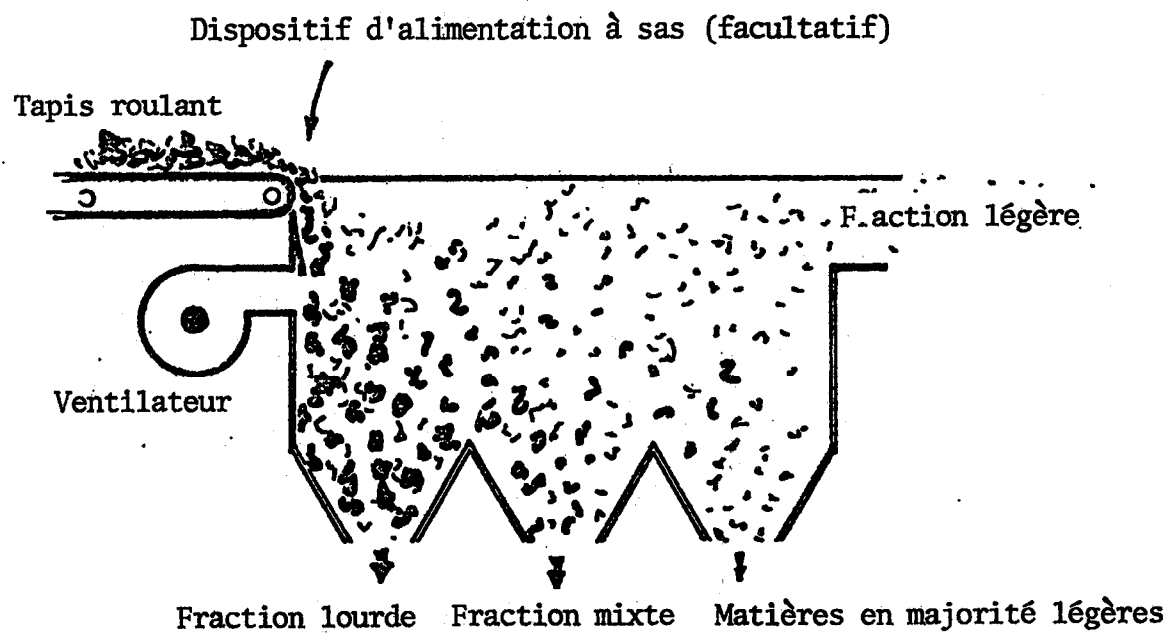


Figure 17. - Séparateur pneumatique de type horizontal (Réf. 18)

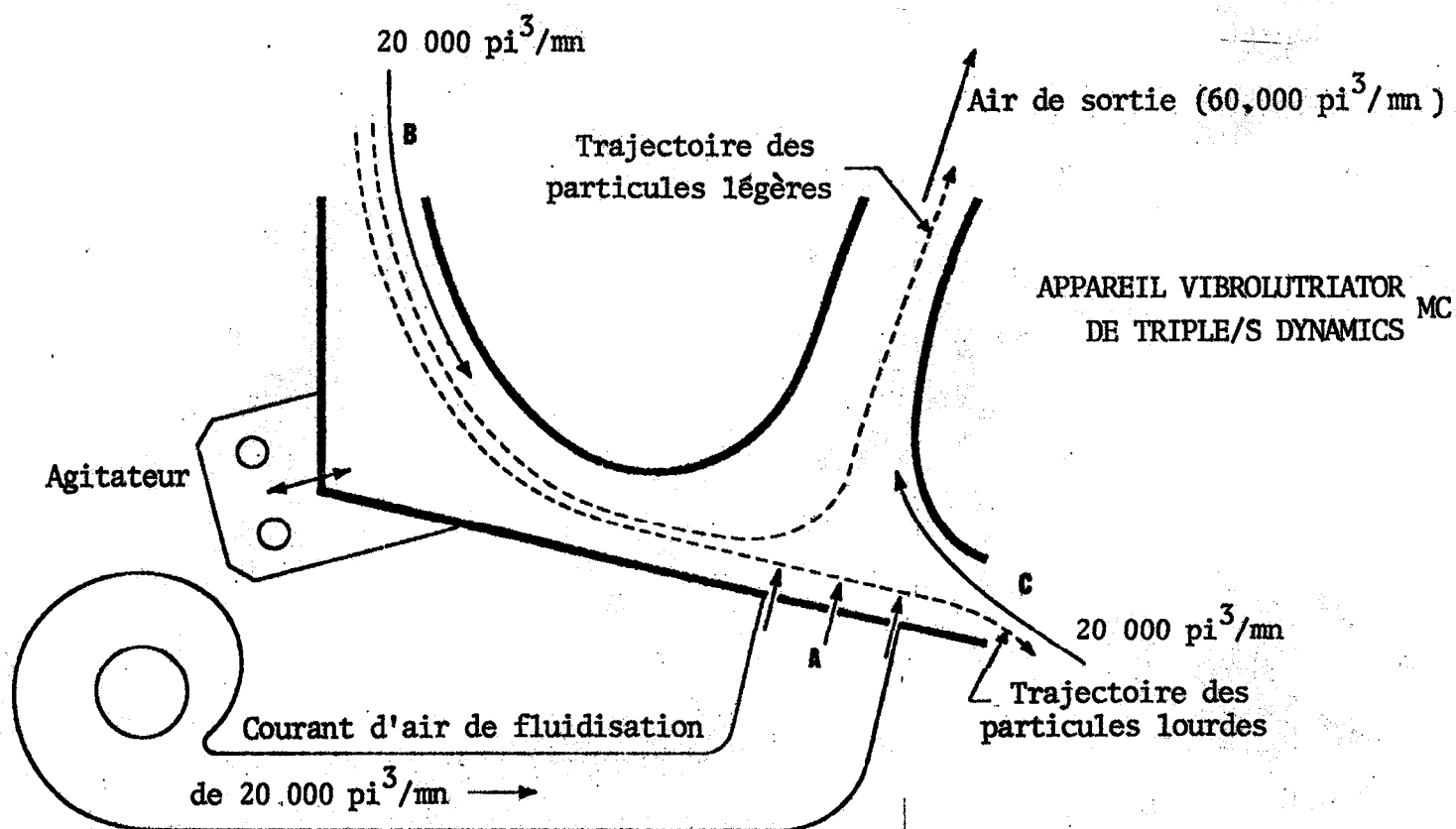
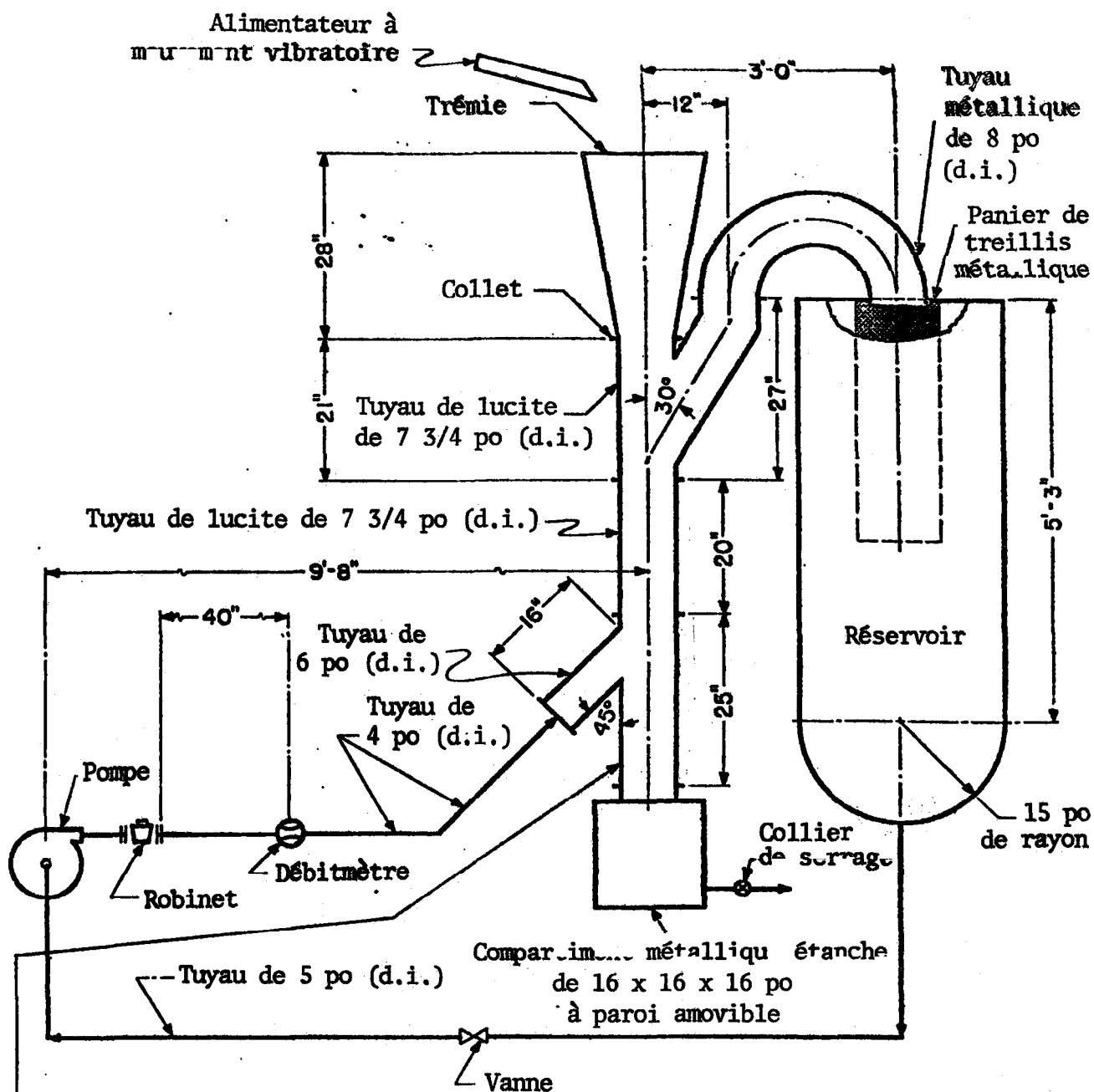


Figure 18. - (Réf. 15)



Pour plus de clarté cette section métallique est présentée après une rotation de 90° vers la gauche

Figure 19. - Séparateur par décantation (dans l'eau) de l'U.S.B.M.
(Réf. 13)

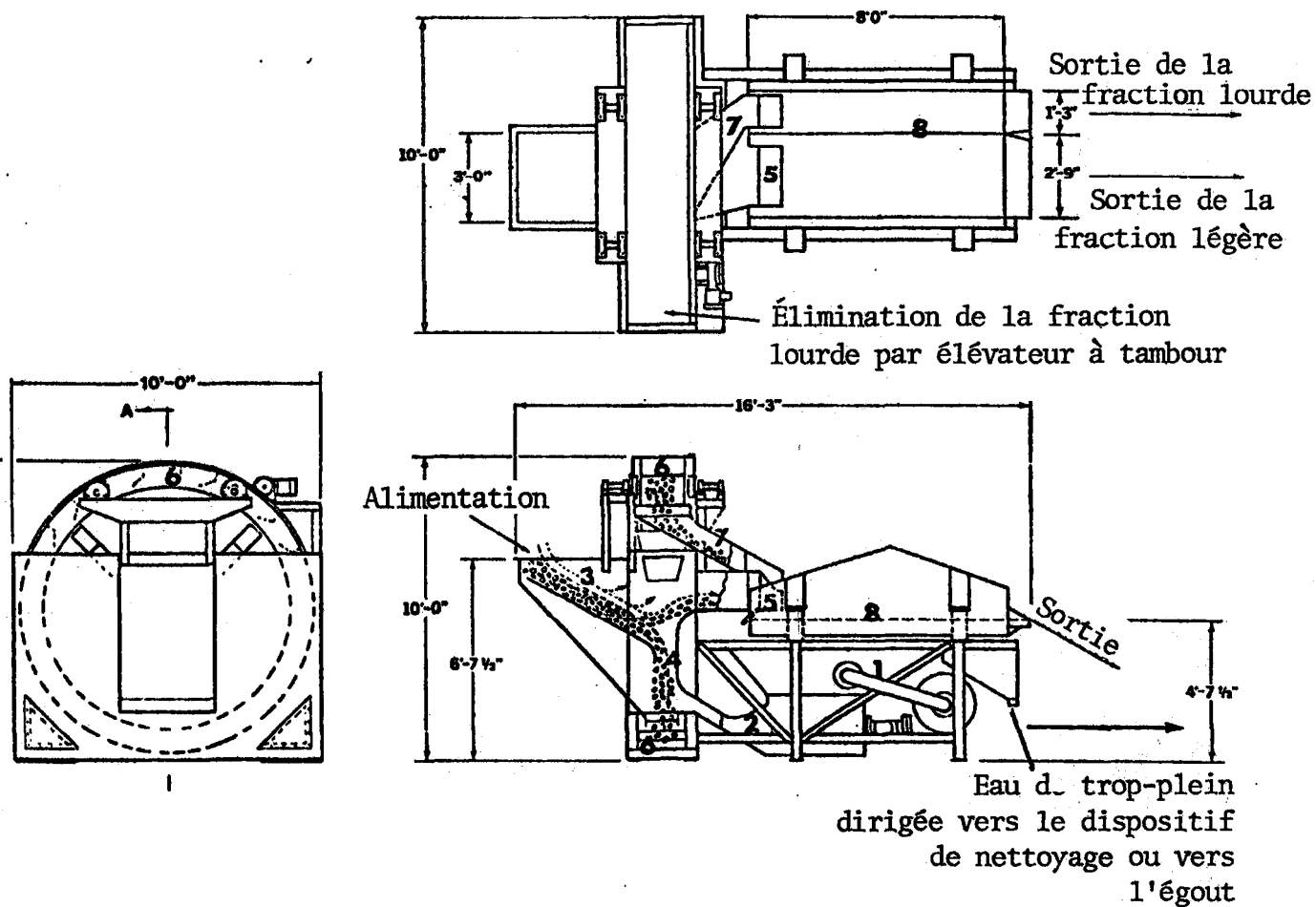


Figure 20. - Séparateur par élutriation WEMCO (Réf.10)

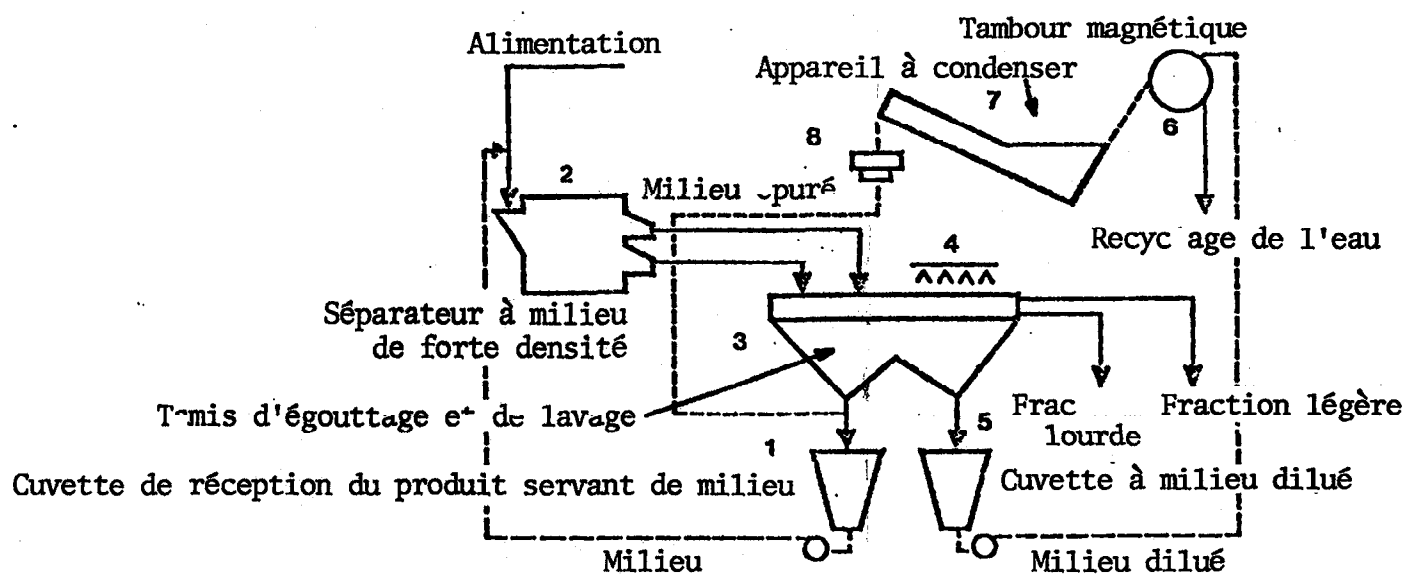


Figure 21. - Séparateur à milieu de forte densité (Réf. 19)

SÉPARATEUR À HAUTE TENSION CARPCO

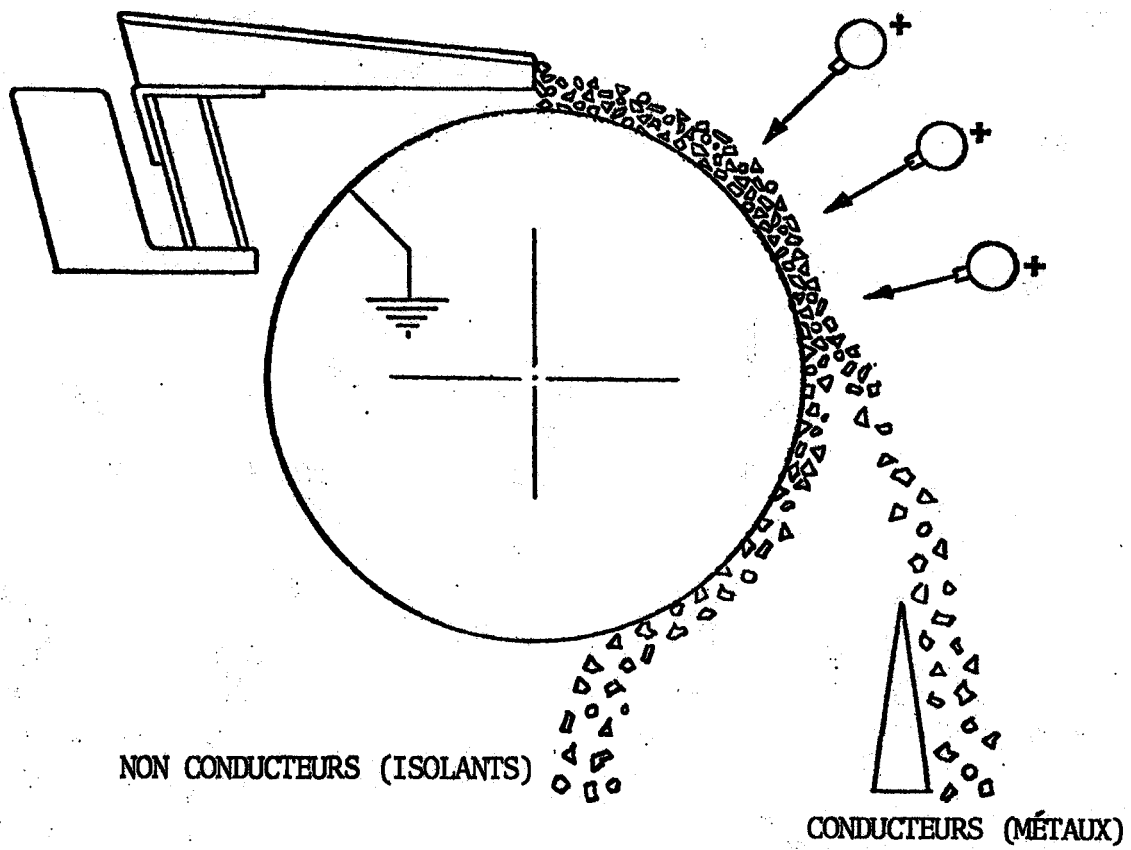


Figure 22. - (Réf. 7)

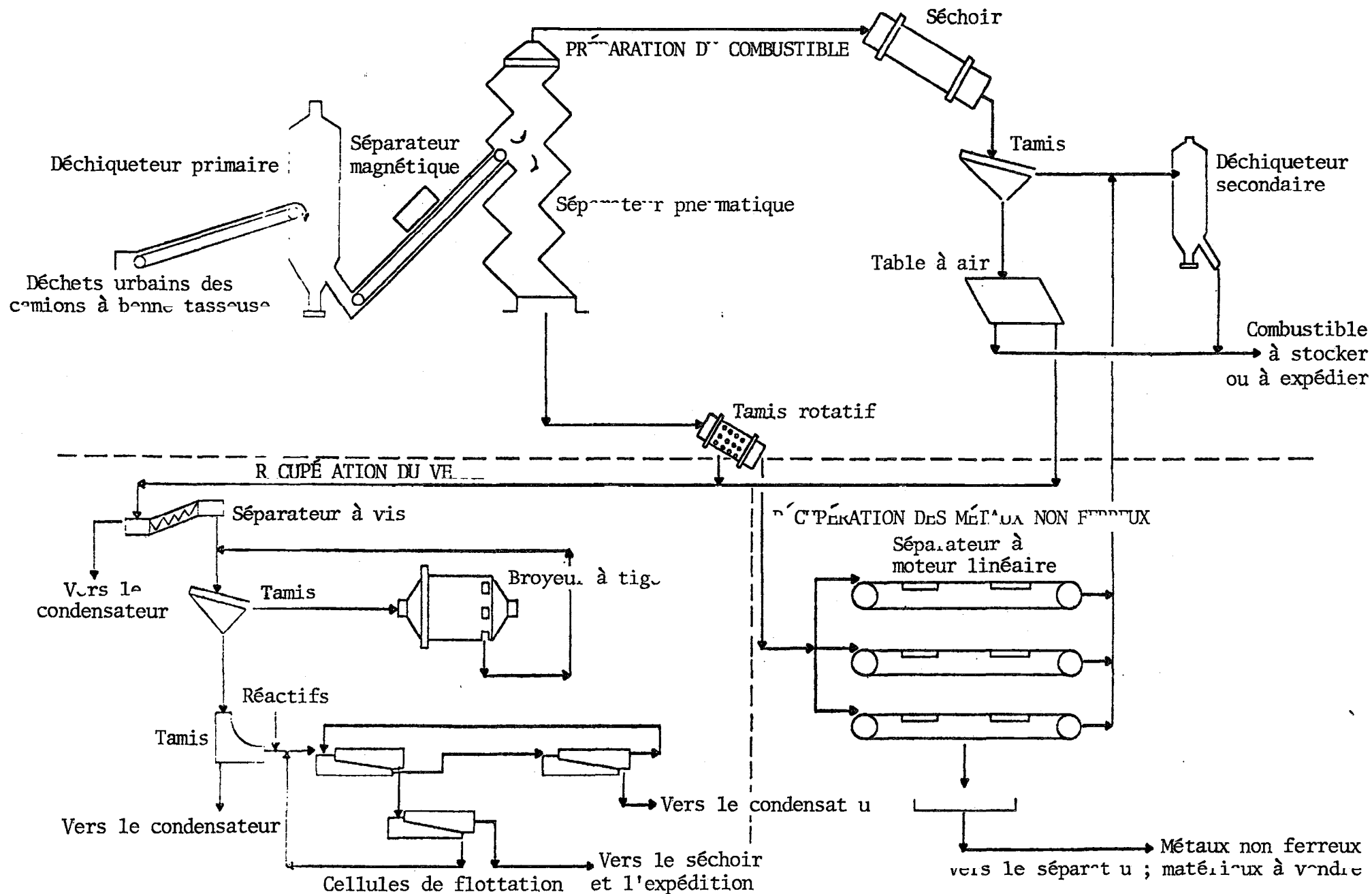


Figure 23. - Sous-système de récupération Garrett (Réf. 21)

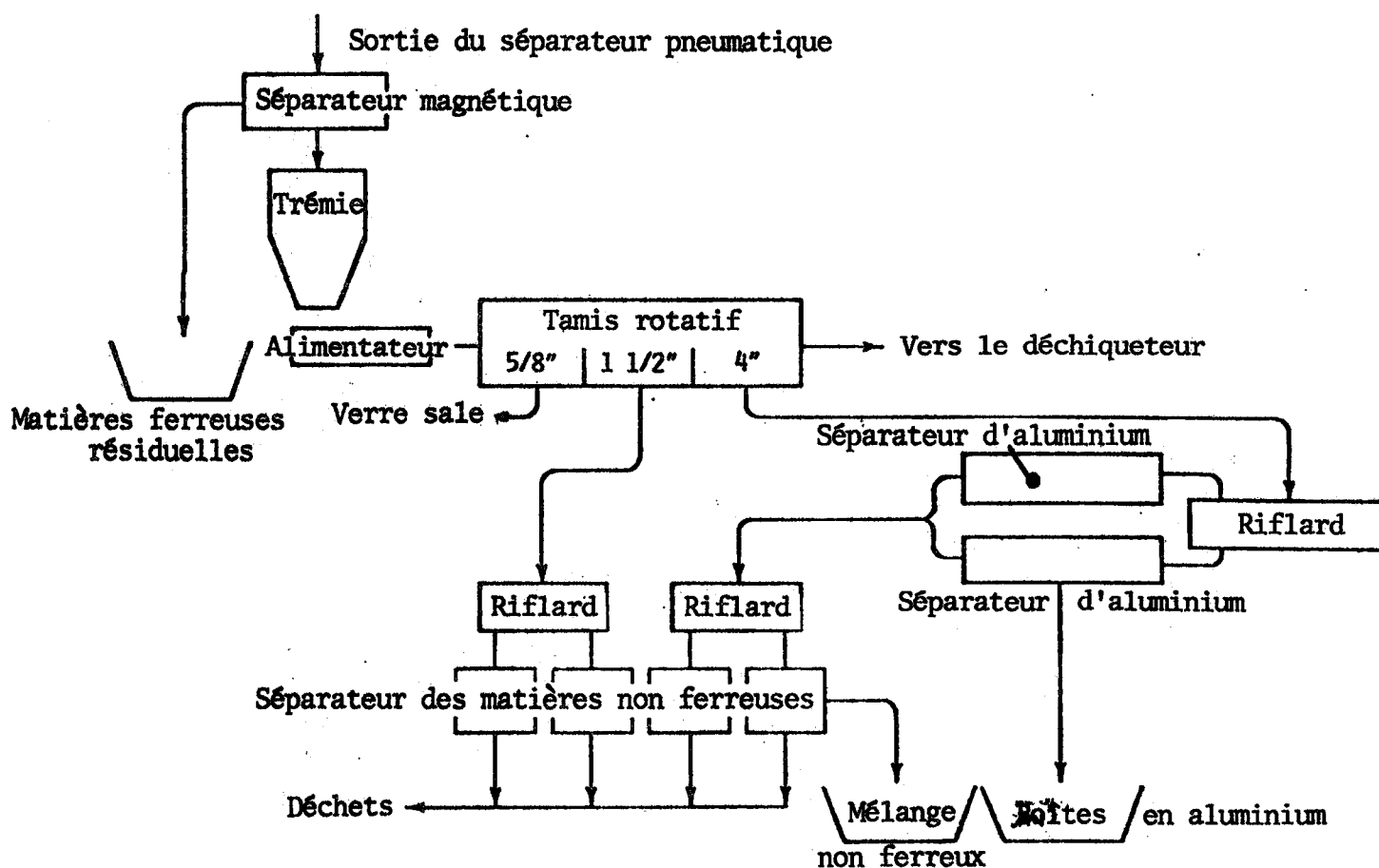


Figure 24. - Sous-système de récupération des matières combustibles
(Réf. 5)

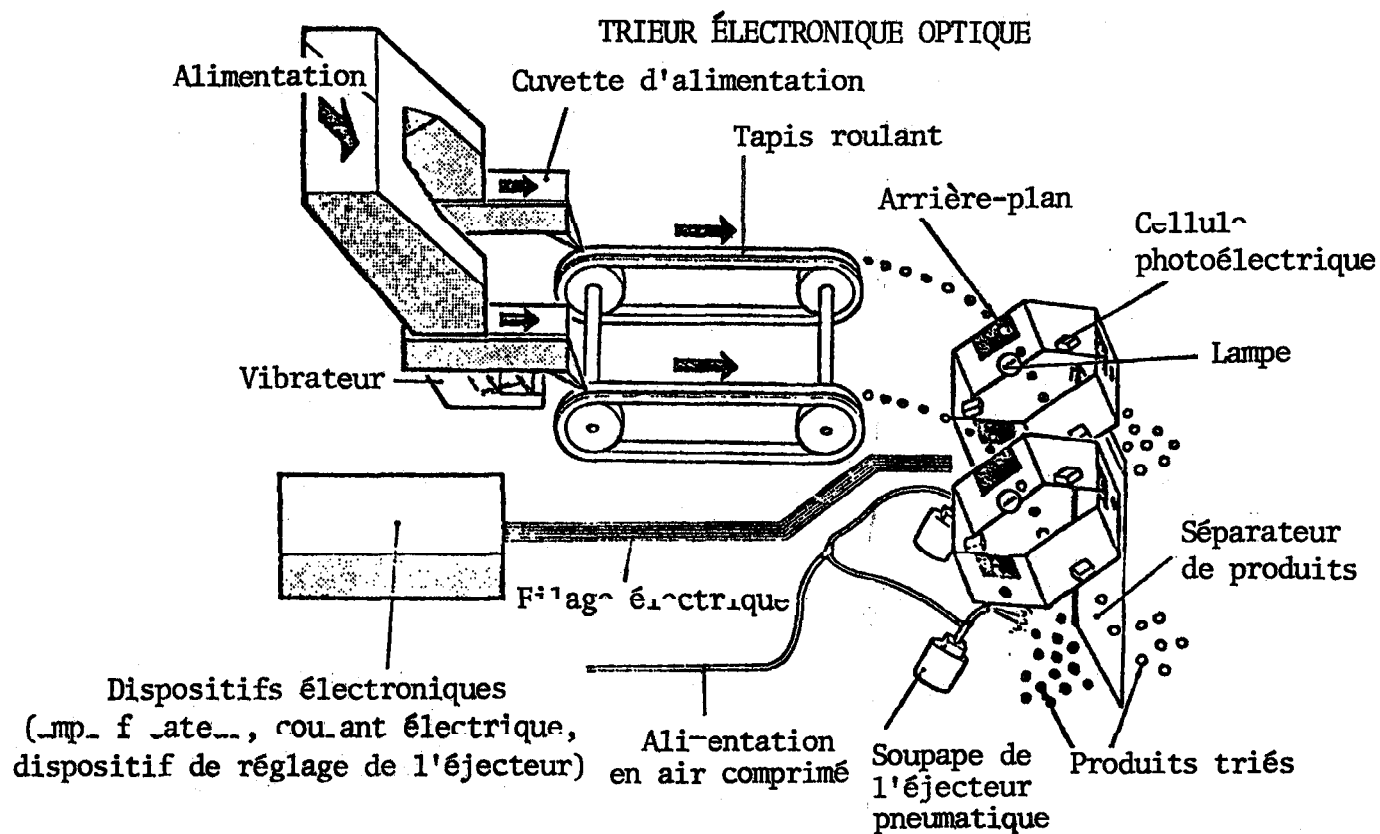


Figure 25 - (Réf. 7)

