

Fiches techniques pour améliorer le tri des emballages en acier et en aluminium

Juin 2018



CITEO

Donnons ensemble une nouvelle vie à nos produits.

avec la participation de l'ADEME



ArcelorMittal

et la participation de FAR et Du CELAA



Sommaire

Fiche Technique FT N 1 Emballages en acier et en aluminium – Qualités à atteindre	3
Fiche Technique FT N 2 : Gisement des emballages en acier	5
Fiche Technique FT N 3 : Gisement des emballages en aluminium	8
Fiche Technique FT N 4 : Process	12
Fiche Technique FT N 5 : Équipements de tri des emballages en acier	14
Fiche Technique FT N 6 : Équipements de tri des emballages en aluminium	19
Fiche Technique FT N 7 : Protocole de contrôle qualité des emballages en acier	25

Fiche technique N°1

Emballages en Acier et en Aluminium - Qualités à atteindre

ACIER

Standard de l'acier issu de la collecte séparée : déchets d'emballages ménagers en acier, pressés en paquets (conditionnement en balles toléré),

- présentant une teneur en métal magnétique minimale de 88 %,
- contenant au maximum 5 % d'humidité.

Prescriptions techniques particulières (PTP) de la filière Acier :

- Produits d'emballages en acier vidés,
- Teneur en métal magnétique minimale de 88 %, se traduisant par un taux d'emballages en acier vidés $\geq 95\%$,
- Conditionnement sur presse à paquets (densité réelle entre 1,2 et 2 kg/dm³) - Poids compris entre 10 et 100kg. Les paquets doivent résister à 5 chutes consécutives de 2m sur une aire bétonnée.
- Dans le cas de conditionnement en balles (densité $> 0,3$ kg/dm³), les balles doivent être parfaitement ligaturées, ne pas excéder 300kg et résister aux manipulations industrielles (chargement, déchargement, prise à l'électro-aimant). Ces balles nécessiteront un compactage ultérieur avant recyclage.
- Compte tenu du faible poids des emballages plastiques par rapport au volume qu'ils représentent, la Filière Acier a introduit, à compter de janvier 2018, dans ses Prescriptions Techniques Particulières (PTP) un taux de plastique en poids $< 2,5\%$ dans les 5% d'impuretés, pour être en conformité par rapport à la performance qualité.

ALUMINIUM

Standard de l'aluminium issu de la collecte séparée : déchets d'emballages ménagers en aluminium, pressés en balles :

- Aluminium issu de la collecte séparée : déchets d'emballages ménagers en aluminium, mis en balles, présentant une teneur en aluminium minimale de 45 %, de teneur en polymères maximale de 5 %, et contenant 10 % d'humidité au maximum ;

ALUMINIUM : STANDARD EXPERIMENTAL

Emballages et objets en aluminium rigides et souples issus de la collecte séparée, de qualité potentiellement inférieure au standard classique.

Définition : Emballages et produits métalliques non magnétiques souples et rigides extraits par un dispositif à courants de Foucault ou similaire à différentes étapes d'un procédé de tri du flux de collecte séparée, et notamment sur le flux de refus de tri précédemment destiné à l'élimination. Le type de conditionnement sera défini avec le repreneur.

Différence avec le standard classique : En plus des emballages rigides en aluminium, le standard expérimental contiendra en mélange une proportion significative d'emballages souples en aluminium et d'autres produits en aluminium, collectés avec les emballages ménagers et pouvant présenter des taux élevés de souillure.

Ce standard fait l'objet d'une convention spécifique avec la/les collectivité(s) avant sa mise en œuvre.

Fiche technique N°2

Gisements ciblés Emballages en ACIER

En 2016, le gisement d'emballages ménagers en acier mis sur le marché est de 269.000 tonnes/an. Les quantités d'emballages en acier sortant des centres de tri sont de 103.000 tonnes/an, soit un taux de recyclage via les collectes séparées (hors mâchefers) du gisement d'emballages en acier de 38%.

Sur les centres de tri actuels, la part d'emballages en acier présent dans les flux multimatériaux se situe entre 3 et 5% et sur un flux non fibreux de 15 à 20%. On estime que le **taux de captage** des emballages en acier en centres de tri (sortant/entrant CdT) est en moyenne d'environ **70%**, avec des différences notables suivant les centres de tri et les configurations, ce qui donne une possibilité d'amélioration non négligeable.

Dans le cadre du renouvellement de l'agrément de la REP Emballages, l'objectif est d'atteindre un taux de recyclage de **50% à l'horizon 2022** grâce à la collecte sélective (augmentation sur la collecte et sur le captage).

EXEMPLE DE SIMULATION DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Avec un investissement complémentaire de 100 k€, en améliorant le taux de captage de 10%, soit 150 t/an d'emballages acier supplémentaire¹, les soutiens Citeo + recettes + coûts évités de traitement peuvent représenter 45 k€/an (hors TMR) couvrant les surcoûts d'exploitation. Le retour sur investissement peut donc être d'environ 2 ans.

¹ Hypothèses : gisement de départ = Performance de 2,7 kg/h/an, 550.000 habitants, CdT de 25 kt/an en multi-matériau, => 10% de captage = 150 t/an. Soutiens Citeo à 62€/t, recettes à 150 €/t et économies de traitement à 100 €/t

Le **standard** de l'acier issu de la collecte séparée, tel que rédigé dans les agréments de la REP Emballages, stipule les critères suivants :

Produits acceptés : les emballages ménagers en acier. Sont donc acceptés:



- ✓ Les boîtes de conserve et boîtes alimentaires non conserve : Tous formats (ronds, rectangulaires, ovales etc.)
- ✓ Les fonds à ouverture facile, anneaux, capsules et bouchons couronnes
- ✓ Les boîtes boisson
- ✓ Les aérosols
- ✓ Les bidons de produits d'entretien/industriel ménagers
- ✓ Les boîtes décoratives d'alcool, parfums, vêtements
- ✓ Les petits fûts de bière de 5 litres

Est considéré comme emballage en acier, tout emballage pour lequel l'acier représente le matériau majoritaire. Exemple du bidon métallique avec le bec verseur en plastique. En revanche la boîte composée d'un corps en carton, d'un fond en acier et fermée par une pellicule aluminium et un capuchon plastique (boîte de chips), n'est pas considérée comme étant en acier mais en carton, le matériau majoritaire étant le carton.

Le non-respect d'un ou plusieurs critères du standard de l'acier issu de centre de tri, ainsi que des PTP, peut entraîner des explosions en aciérie, des indices de flammes importants provoquant des dommages à la santé/sécurité du personnel et des dégradations sur installations de l'aciérie lors du recyclage de ces emballages en acier. De fait, **les règles suivantes doivent donc impérativement être respectées** :

- Tous les emballages doivent être vidés au maximum de leur contenu afin d'éviter les fermentations et la présence importante de souillure dans les paquets (matières organiques, mousses, etc...)

La recommandation de la Filière Acier est d'informer les consommateurs/citoyens trieurs de la nécessité de bien vider les emballages – sans pour autant les laver.

- Les tonnelets de bière de 5L sont des emballages à part entière et sont de ce fait repris dans le cadre de ce standard à condition qu'ils soient compressés en paquet. Soit ils suivent le processus de tri comme tout emballage en acier (captage mécanique), soit ils sont captés sur la ligne des gros éléments (captage manuel) et ensuite intégrés au niveau de la presse à paquets.

- Produits refusés : Produits ménagers présentant des risques d'explosion dont les cartouches de gaz.
- Une pénalité sera appliquée pour toute présence de bouteilles / contenant de gaz

La Filière Acier applique ces mêmes règles pour les balles produites par des centres de tri ne disposant pas de presse à paquets, les balles étant systématiquement re-compressées avant enfournement en aciérie. En effet, le vrac ne peut pas être enfourné car il favorise les départs de feu.

Le vrac n'est pas accepté.

Afin d'éviter la présence de produits en acier non emballages ou comportant de l'acier mais non conformes au cahier des charges (Fiche Technique N°1), la Filière recommande que soit rappelé aux consommateurs/citoyens trieurs que :

1. Les produits suivants disposent **d'une filière REP** spécifique vers laquelle ils doivent être dirigés en les déposant, qu'ils soient pleins ou vides notamment dans les déchetteries ou tout lieu de dépôt mis à leur disposition :
 - a. En déchèterie-Filière Eco-DDS :
 - pots de peinture et de vernis
 - emballages de phytosanitaires
 - Produits/outils de bricolage, de jardinage
 - Ustensiles de cuisine...
 - b. en déchetterie et dans les conteneurs de collecte mis à disposition dans les magasins ou tout autre lieu approprié :
 - piles
 - petits électroménagers DEEE
 - c. en déchetterie, dans la benne ferraille, les contenants de gaz.
2. L'acier utilisé pour produire les ustensiles de cuisine, les pièces mécaniques (disque de frein, plaquette de frein...) et le bricolage (vis, clous, serrures, barres de fer, chaîne de tronçonneuse...) ne présente pas les mêmes caractéristiques physico-chimiques que l'acier pour emballage et de fait n'entre pas dans le cahier des charges des paquets d'emballages en acier issus de centre de tri. Par ailleurs, ces éléments peuvent endommager les équipements et notamment la presse à paquets. Ces produits ne sont pas à mettre dans la collecte sélective.
3. Les emballages consignés tels que certaines bouteilles de gaz doivent être rapportés aux points de collecte dédiés. D'ailleurs, compte tenu du risque que représente un tel contenant, une pénalité de 400€ à charge de l'apporteur est appliquée par contenant réceptionné par l'aciérie.
4. Tout autre produit comportant une pièce en acier mais ne correspondant à aucune des rubriques mentionnées ci-dessus n'est pas à mettre dans la collecte sélective, mais bien à apporter en déchetteries ou dans les ordures ménagères résiduelles (poubelle grise) :
 - étuis à lunettes, cartouches, bois avec agrafes en fer, fil de fer

Fiche technique N°3

Gisements ciblés des emballages en ALUMINIUM

Le gisement d'emballages en aluminium mis sur le marché en 2016 est de 70.000 tonnes/an. Les quantités d'emballages en aluminium sortant des centres de tri sont de 10.000 tonnes/an, soit un **taux de recyclage** de 14% via les collectes séparées (hors mâchefers). A ce gisement, il faut ajouter les emballages contenant de l'aluminium minoritaire (poches, capsules.) représentant environ 30.000 tonnes/an supplémentaires.

Sur les centres de tri actuels, la part d'emballages en aluminium représente entre 0,5 et 1% dans un flux multimatériaux et entre 2 et 3% dans un flux métaux/plastiques. Le **taux de captage** des emballages en aluminium du standard actuel en centres de tri (flux sortant/entrant CDT) est estimé en moyenne à **50%**, avec des différences notables en fonction des configurations et des process des centres de tri. De fait, des perspectives d'amélioration ne sont pas négligeables. Ce potentiel d'amélioration porte aussi sur les emballages légers et petits emballages en aluminium dont une grande partie est orientée en refus dans le process du centre de tri. Depuis plusieurs années, des expérimentations sont menées pour améliorer le captage spécifique de ces emballages légers sur les centres de tri avec la création d'un « standard expérimental » par Eco-Emballages, afin de garantir le recyclage effectif de ces flux.

Dans le cadre du renouvellement de l'agrément de la filière Emballages, l'objectif est d'atteindre un taux de recyclage des emballages en aluminiums issus des collectes séparées de **22% à l'horizon 2022** (augmentation sur la collecte et sur le captage des 2 standards).

EXEMPLE DE SIMULATION DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Avec un investissement complémentaire de 150 à 200 k€, en améliorant le taux de collecte et le taux de captage grâce aux emballages légers en aluminium de 100%, soit 60 t/an d'emballages aluminium supplémentaire², les soutiens (y compris fonds Nespresso) + recettes + coûts évités de traitement peuvent représenter 47 k€/an (hors TMR) couvrant les surcoûts d'exploitation. Le retour sur investissement peut donc être d'environ 3 à 4 ans.

² Hypothèses : gisement de départ = Performance de 0.11 kg/h/an, 550.000 habitants, CdT de 25 kt/an en multi-matériau => passage de 60 à 120 t/an (augmentation constatée sur certains CdT). Soutiens Citeo à 278 €/t, Fonds Nespresso à 300 €/t pour le standard expérimental, recettes à 100 €/t (en prenant un teneur en alu plus faible) et économies de traitement à 100 €/t.

Le **standard** de l'aluminium issu de la collecte séparée, tel que rédigé dans les agréments de la REP Emballages, stipule les critères suivants :

Produits acceptés : les emballages ménagers avec de l'aluminium. Sont donc acceptés :



- ✓ Les boîtes de conserve et boîtes alimentaires non conserve
- ✓ Les fonds à ouverture facile, anneaux, capsules et bouchons
- ✓ Les boîtes boisson
- ✓ Les aérosols
- ✓ Les barquettes semi rigides (plats préparés) ;

Est considéré comme emballage en aluminium, tout emballage pour lequel l'aluminium représente le matériau majoritaire.

Les règles suivantes doivent impérativement être respectées : tous les emballages doivent être vidés au maximum de leur contenu afin d'éviter les fermentations et la présence importante de saoullure dans les paquets (matières organiques, mousses, ...)

La recommandation de la Filière Aluminium est d'informer les consommateurs/citoyens trieurs de la nécessité de bien vider les emballages – sans pour autant les laver.

Pour les emballages fins en aluminium, la Filière Aluminium recommande d'indiquer dans les consignes de tri à l'habitant de les mettre en boule.

Afin d'éviter la présence de produits en aluminium non emballages ou comportant de l'aluminium mais non conformes au cahier des charges (Fiche Technique N°1), la Filière recommande que soit rappelé aux consommateurs/citoyens trieurs que les produits disposant **d'une filière REP** spécifique, doivent être déposés en déchetteries ou en tout lieu de dépôt mis à leur disposition (filiale Eco-DDS par exemple).

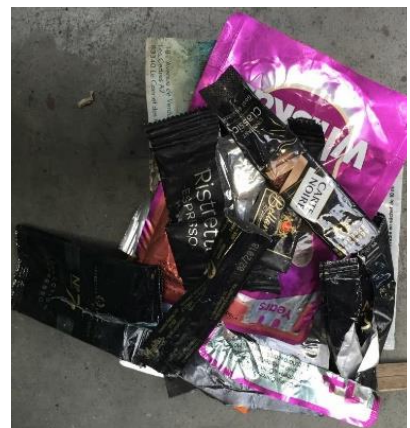
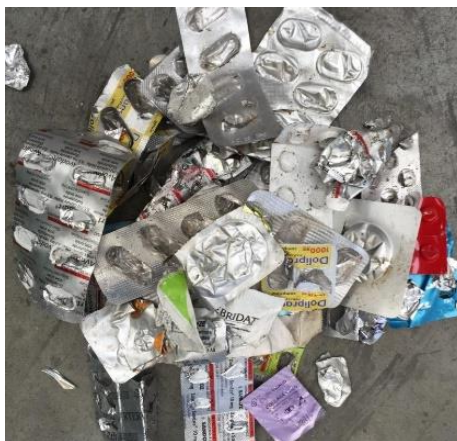
Conditionnement : Le flux d'emballages en aluminium doit être mis en balles pour être expédié vers les filières de recyclage.

Le Standard expérimental, défini pour les autres emballages contenant de l'aluminium, comprend :

1. Par défaut, les emballages rigides et semi-rigides identifiés dans le standard classique :
 - boîtes boisson
 - boîtes de conserve
 - aérosols
 - barquettes et ramequins en aluminium (y compris desserts de type riz au lait, pâté pour chat)

2. Les emballages souples et complexes :

- tubes
- capsules et bouchons à vis
- bougies chauffe-plat
- emballages multicouches aluminium (sachets de café, poches de compote, tubes de dentifrice)
- blisters tout aluminium
- feuilles d'aluminium froissées (feuilles d'aluminium alimentaires, feuilles d'aluminium type chocolat, portions de fromage)
- petits emballages en aluminium fins
- plaquette de médicament en aluminium
- opercules en aluminium (issus de bouteilles de lait, ou de pots en verre issus de produits alimentaires ou cosmétiques)
- capsules de bouteilles en aluminium (coiffes de champagne, collerettes)
- capsules de café ou de thé en aluminium



Attention, les emballages et éléments suivants sont exclus du standard expérimental Aluminiums Rigides et Souples issus d'une collecte séparée mais peuvent être présents dans les refus et les fines en quantité, ils seront donc comptabilisés dans les refus :

- Paquets de chips
- Blisters de médicaments en plastique
- Papier Carton Complexé (PCC, ELA)
- Piles et accumulateurs

Conditionnement : Le flux d'emballages en aluminium du standard expérimental peut être mis en balles dans la mesure d possible (filmées si besoin) ou mis en big-bag pour être expédié vers les filières de recyclage

Fiche technique N°4

Process

Il convient avant tout, d'évaluer le gisement des emballages en acier et en aluminium (quantité, qualité) avant de définir, en fonction des fractions granulométrique, et en particulier pour les fines, la solution technique appropriée.

Le tri des métaux ferreux et non ferreux nécessite des équipements spécifiques si on veut capter les gros et les petits emballages et composants d'emballages. Ces équipements doivent être placés à des endroits choisis pour leur efficacité mesurée en termes de captage et de pureté du flux extrait.

Cependant, **la préparation du flux en amont de la séparation de l'acier et de l'aluminium est prépondérante.**

- Séparer le flux en plusieurs tranches granulométriques homogènes permet d'adapter le dimensionnement et le positionnement des équipements de séparation de l'acier,
- Extraire le maximum d'éléments perturbateurs (films, papiers, sacs de collecte, autres aciers, DEEE, gros imbriqués etc.) en amont de la séparation de l'acier et l'aluminium permet de réduire le risque de pollution (choix des outils *ad hoc* et bon dimensionnement).

1. LA SÉPARATION GRANULOMÉTRIQUE

La grande majorité des emballages en acier et l'aluminium se concentre dans les « **corps creux de la moyenne fraction** » (correspondant à titre indicatif à une granulométrie comprise entre 50 et 200 mm). L'automatisation de la séparation des emballages en acier et aluminium sur cette fraction est donc nécessaire. **Une attention particulière doit être portée sur les granulométries proposées, ainsi que leur forme (ronde, carrée) pouvant engendrer des impacts sur la performance globale du tri des métaux.**

En fonction de la capacité des centres de tri et de la composition des flux à trier, **l'intérêt économique de l'automatisation de la séparation des emballages en acier et en aluminium peut être étudié pour 2 autres fractions :**

- Sur la « **petite fraction** », contenant notamment les éléments de bouchage (capsule, bouchon couronne), les petits emballages (cannettes 25cl) et des emballages écrasés. Dans le cas de l'acier, en raison de la présence importante de petits objets métalliques non emballages (clous, vis, etc.) ou contenant de l'acier (piles, etc.), une attention particulière doit être portée sur la séparation des « fines » de façon à maîtriser la qualité du flux d'emballages en acier extrait. Pour les deux métaux, le choix de l'équipement reste spécifique (cf. fiche technique N°5).
- Sur la fraction de « **corps plats de moyenne fraction** » contenant les couvercles, capsules, mais également les emballages écrasés ou compactés. En raison de la présence importante de papiers dans cette fraction, une attention particulière doit être portée sur le positionnement et le dimensionnement du module de séparation des emballages en acier et en aluminium de façon à maîtriser la qualité du flux d'emballages en acier extrait.

Une part résiduelle d'emballages métalliques peut également être présente dans la « **grande fraction** » et la « **très grande fraction** » (ex : conserves de restauration collective, etc.). Toutefois l'automatisation (overband ou capteur métal ajouté au tri optique) pour le captage des emballages en acier sur ces fractions n'est pas recommandée pour les raisons suivantes :

- Un très faible intérêt économique en raison des quantités faibles et du poids unitaire plus élevé des objets à extraire ;
- Une **présence d'emballages en acier imbriqués** (ex : sacs/métaux) venant dégrader fortement la qualité ;

- La possibilité de trouver des éléments non emballages avec de l'acier (D3E, poêles, etc.) ou de l'aluminium (poêle, casserole...) qui ne doivent pas rejoindre la filière emballages.

Il est préférable de trier ces métaux résiduels (en faible quantité) manuellement et de les orienter vers les bonnes filières (voir FT N1).

Des tranches granulométriques adaptées au flux à trier et à la technologie :

- ➔ Le **travail en 2 tranches granulométriques permet** d'avoir l'équipement le mieux adapté pour capter au mieux chaque fraction : positionnement « au plus près » et minimisation des recouvrements d'objets sur le convoyeur,
- ➔ Il est plus simple d'installer des équipements sur des convoyeurs distincts plutôt que de positionner deux convoyeurs côte-à-côte sous le même équipement).

2. PRÉCONISATIONS POUR LA PRÉPARATION DES FLUX EN AMONT DES ÉQUIPEMENTS DE TRI DES MÉTAUX

Les points clés relatifs à la préparation des flux arrivant au niveau de l'équipement de captage des métaux (acier et aluminium) sont :

- ➔ Préparation adéquate pour **extraire le maximum (quasi-totalité) de contaminants en amont** (films, papiers légers) par la mise en place d'équipements de séparation type CC/CP (ex : balistique, aéraulique...) largement dimensionnés pour accepter les pointes de débit (différence de composition dans les flux, période estivale) et l'évolution des flux attendus (volume d'emballages plus petits et plus légers). Les équipements peuvent être combinés et associés afin de garantir une extraction quasi-complète des éléments perturbateurs avant les technologies de tri des métaux (acier et aluminium)
- ➔ Flux **monocouche** sous ou sur l'équipement de captage des métaux (même problématique que les séparateurs optiques)

Le tri des métaux sur la totalité des refus (gros et fines) en fin de process est à éviter car il y a des risques de contamination élevés (films, imbriqués, ...) et une granulométrie hétérogène qui gêne l'efficacité des équipements de captage. Ce flux dégrade la pureté du (des) flux capté (s) en amont.

Le synoptique fonctionnel ci-dessous présente, à titre indicatif, les principales fonctions de tri ainsi que les différentes fractions issues de la préparation du flux.

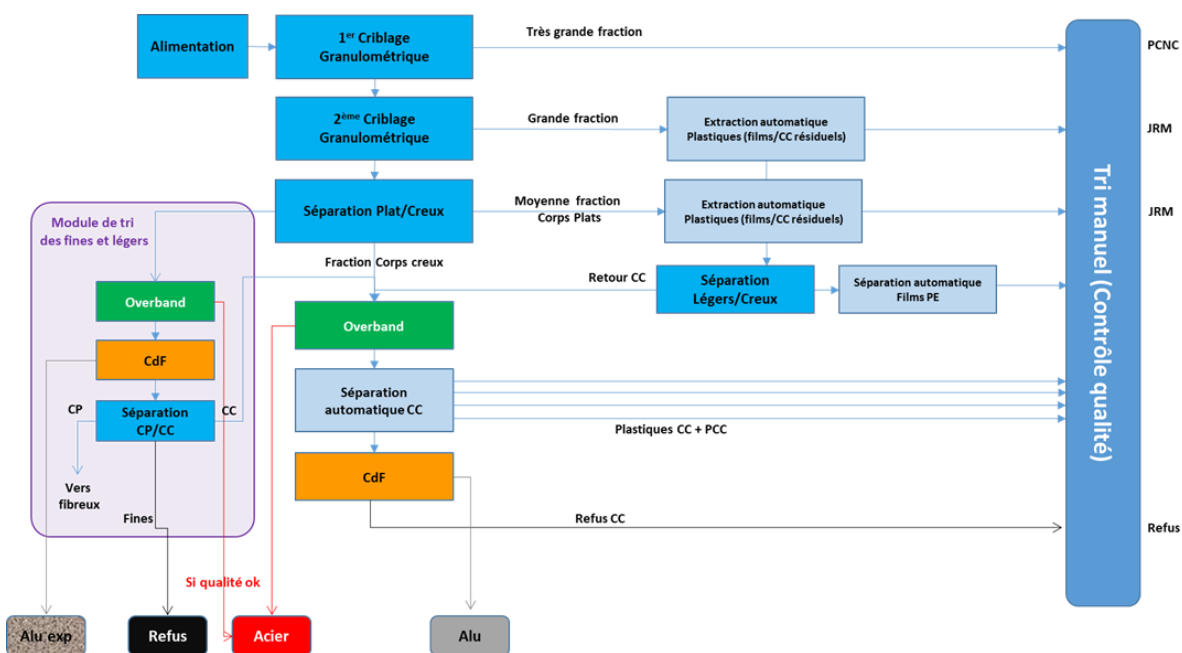


Figure : Synoptique fonctionnel d'un process de tri

Fiche technique N°5

Séparateur Magnétique

L'objectif du séparateur magnétique est d'extraire les objets et composants d'objets ferromagnétiques d'un flux de matériaux circulant sur une bande transporteuse.

1. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

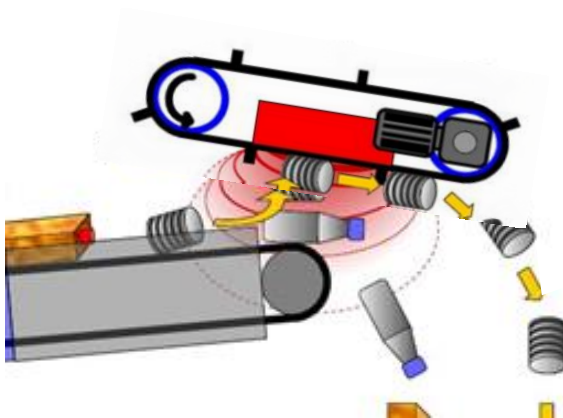
Il existe deux technologies pour créer un champ magnétique :

- Les séparateurs à **aimants permanents** : ils sont constitués d'aimants permanents en ferrite ou en néodyme, qui génèrent un champ magnétique permanent. Aucun courant électrique n'est nécessaire pour créer le champ.
- Les séparateurs **électromagnétiques** : ils sont constitués d'une bobine qui, parcourue par un courant électrique, génère un champ magnétique en présence uniquement de ce courant.

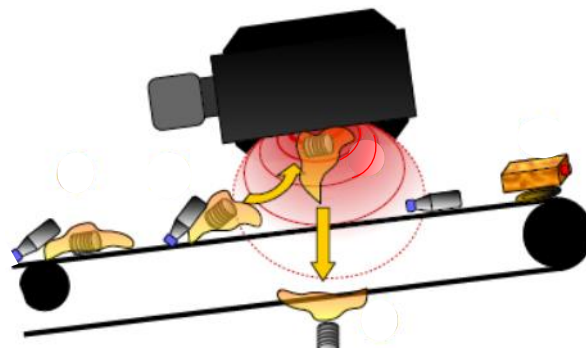
Il existe 3 grands types d'outils de tri des métaux ferreux pouvant techniquement être utilisés dans les centres de tri d'emballages ménagers ³:

- L'overband électromagnétique ou à aimants permanents
- La poulie magnétique
- Le tambour magnétique

1.1 L'OVERBAND



Overband position longitudinale : Préconisé



Overband position perpendiculaire : non préconisé

Le système magnétique est fixe et suspendu à un châssis indépendant autour duquel tourne une bande d'évacuation entraînée par un motoréducteur.

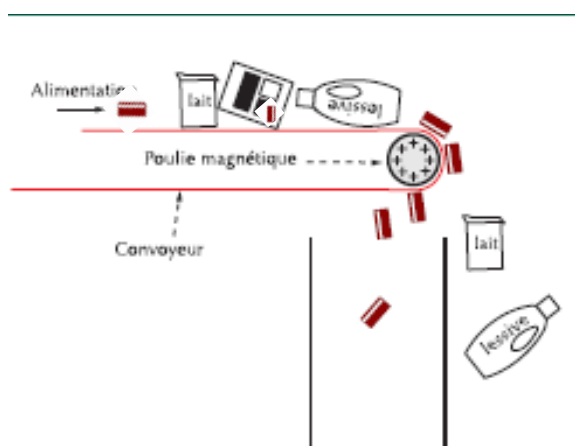
³ La détection de métal associée à un séparateur optique n'est pas abordée car elle ne permet pas de trier les métaux séparément et est plutôt adaptée à une atteinte de pureté d'un flux majoritaires (fibres, plastiques) en extrayant les métaux (acier et aluminium) avec renvoi des éléments éjectés vers les flux que nous étudions.

- L'ensemble est placé au-dessus d'un convoyeur.
- Sous l'effet de l'attraction magnétique, les composants ferreux situés sur le convoyeur, viennent se coller à la bande de l'overband.
- Du fait du mouvement de la bande, les composants ferreux sont convoyés jusqu'à l'extrémité non aimantée et tombent soit dans une trémie, soit sur un autre convoyeur à bande.
- Des tasseaux régulièrement disposés sur la bande permettent d'entraîner les objets roulants.
- Dans le cas de l'aimant permanent, la distance recommandée entre l'aimant et la bande transporteuse est de 400 mm maximum. La puissance électrique nécessaire pour le moteur d'entraînement de la bande d'évacuation est généralement comprise entre 1 à 2,2 kW.
- Dans le cas de l'électroaimant, la distance entre l'aimant et la bande transporteuse peut atteindre 800 mm. La puissance électrique nécessaire pour le moteur d'entraînement de la bande d'évacuation est de 1 à 5,5 kW et jusqu'à 20 kW pour l'électro-aimant.

Ce sont les équipements les plus utilisés dans les centres de tri de collecte sélective.

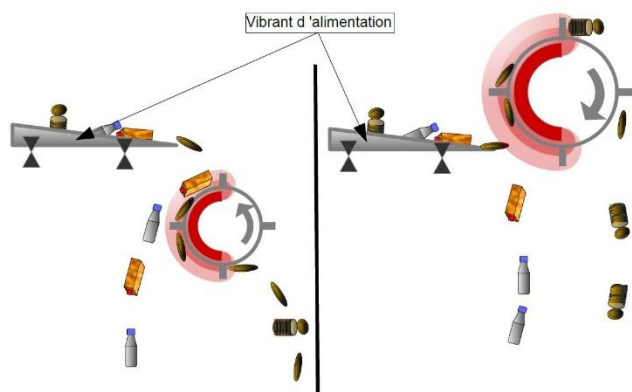
Option technique : Construction multipolaire du circuit magnétique à aimant permanent qui provoque un lâcher et une reprise du produit durant sa phase d'évacuation. Ce retournement permet de libérer des indésirables coincés entre l'overband et le produit extrait.

1.2 LA POULIE MAGNÉTIQUE



- La poulie magnétique est un circuit magnétique de forme cylindrique qui se monte en lieu et place du tambour de tête d'un convoyeur. Elle est réalisée avec des aimants permanents en ferrite ou en néodyme.
- A l'extrémité du convoyeur, les éléments ferreux sont retenus par la poulie et entraînés par la bande en dessous du convoyeur.
- les éléments ferreux entraînés par la bande du convoyeur s'éloignent du champ magnétique produit par la poulie et tombent alors par gravité.
- Il est parfois nécessaire d'ajouter un ou deux tasseaux sur la bande du convoyeur pour aider les objets roulants à quitter la zone d'influence de la poulie magnétique.

1.3 LE TAMBOUR MAGNÉTIQUE



- Le tambour magnétique est composé d'un segment magnétique fixe situé dans une enveloppe tournante équipée de tasseaux. Il peut être à aimants permanents (ferrite ou néodyme) ou électromagnétique.
- Il peut fonctionner en extraction (position au-dessus) ou au contact (position à la chute).
- Les objets ferreux attirés par le champ magnétique collent à l'enveloppe qui les entraîne dans la zone non magnétique où ils tombent par gravité.
- Les corps non magnétiques suivent leur trajectoire normale due à la seule gravité.
- Généralement utilisé sur des unités de broyage pour capter des éléments lourds

(VHU par exemple), le tambour magnétique est très peu utilisé en centres de tri.

2. AVANTAGES ET CONTRAINTES

Le tableau ci-après synthétise les éléments techniques sur ces différents outils et leurs possibilités d'utilisation dans les centres de tri pour le tri des métaux ferreux :

Équipements	Avantages	Inconvénients	Budget
Overband à aimant permanent	Coût d'investissement moyen Réglage possible en hauteur Champ magnétique homogène sur le convoyeur	Limite de passage en hauteur de 400mm Maintenance nécessitant des outils amagnétiques Présence persistante d'éléments attirés, avec accumulation possible dans les zones pas faciles d'accès	++
Overband à électroaimant	Meilleure captage possible grâce à la forte capacité du champ magnétique Durabilité et facilité de maintenance « Nettoyage » des flux coincés	Investissement supérieur Consommation électrique supérieure	+++
Poulie magnétique	Investissement plus faible par rapport à un overband Captage de presque tous les éléments (petits)	Risque de captage de contaminants coincé entre la bande et l'élément acier Captage des petits éléments métalliques non acceptés (piles, briquets...)	+
Tambour magnétique	Puissant et non impacté par la taille des particules : utilisé sur des produits lourds (VHU...)		+

Les budgets sont entre 10 et 50 k€ pour un équipement suivant la dimension, le type et hors les périphériques à prendre en compte (goulottes, zone amagnétique, convoyeurs)

3. PRECONISATIONS

Les fabricants des équipements de séparation des métaux donnent depuis des années des préconisations afin de garantir les meilleures performances de taux de captage (efficacité) et de pureté, et ce quelle que soit la technologie ou le type d'équipement utilisé

Ces préconisations portent sur :

- la technologie utilisée
- les éléments de dimensionnement et de mise en œuvre de ces équipements...

3.1 CHOIX DES TECHNOLOGIES DE TRI DES MÉTAUX FERREUX

Il n'y a pas d'équipement universel pouvant capter les emballages métalliques de 0 à 400mm avec une bonne performance quantitative (taux de captage) et qualitative (taux de pureté) : dans les conditions normales d'utilisation d'un process de tri, il est toujours nécessaire d'adapter la calibration de l'équipement par tranche granulométrique. Ainsi, il faudra choisir l'équipement adapté à une tranche granulométrique moyenne jusqu'à 300/400mm, puis un autre pour une tranche 0-80/120mm.

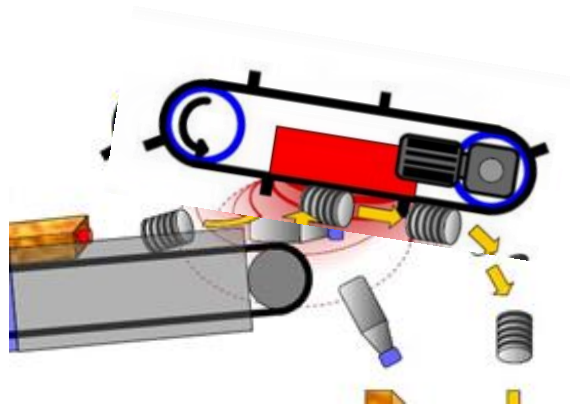
- Le **captage de la très grande majorité** des emballages métalliques se fait sur la tranche granulométrique moyenne après préparation (cf. fiche technique N°4). L'**overband** (permanent ou électromagnétique) est l'outil **adapté**.

- Le tri des petits métaux ferreux nécessite des équipements spécifiques. L'**overband à aimant permanent** est **une solution présentant un bon compromis** pour l'efficacité et la pureté car il correspond bien au captage des petits emballages ferreux (boîtes, conserves, ...). **La poulie magnétique** peut être aussi utilisée, mais elle **ne permet pas une valorisation des métaux** avec le flux standard (pollution par des fines/autres métaux).
- Il convient, pour chaque centre de tri, d'évaluer la qualité de ces fines avant de les réintroduire dans le flux valorisé des emballages acier, et si nécessaire de les valoriser dans un flux complémentaire de ferrailles. **Un dispositif de type bypass** pourra permettre d'orienter ces fines acier vers la filière appropriée.
- L'extraction des emballages en acier résiduels sur les grandes fractions par ces équipements (overband ou capteur métal sur tri optique) n'est pas recommandée (forte présence d'imbriqués, d'acier non emballages (DEEE, autres, etc.)) et doit se faire manuellement et être dirigé vers la bonne filière.

3.2 DIMENSIONNEMENT ET MISE EN ŒUVRE DE CES ÉQUIPEMENTS DE TRI DES MÉTAUX

Les points clés sont :

- **Dimensionnement** de l'équipement sur la **base d'un flux monocouche** sous l'équipement (comme pour les tri optiques) et calculé avec le débit **maximum** pouvant passer au niveau de l'équipement pour tenir compte des fluctuations des flux de collecte sélective (dépendant des zones collectées, de la période de l'année, des évolutions futures...)
- **Positionnement longitudinal en bout de convoyeur** (voir ci-dessous), ce qui permet une extraction des objets ferreux dans le sens de déplacement du flux donc plus efficace.



- **Temps de passage au niveau de la zone magnétique de l'équipement d'au minimum d'1 seconde** (donc vitesse des convoyeurs adaptée et limitée et dimensionnement adéquat de l'équipement), pour permettre au champ magnétique de faire son effet.

Les éléments complémentaires suivants doivent être pris en compte dans la mise en place de ces équipements :

- Châssis support équipé d'un système de réglage en hauteur de l'overband.
- **Zone amagnétique obligatoire** autour des équipements de séparation des métaux et sur les goulottes de jetée pour garantir le bon fonctionnement et la tenue de l'aimant dans le temps.
- Traitement acoustique par mise en place de partie caoutchoutée - ou tôle isophonique - dans la trémie de jetée.
- Accès maintenance et entretien journalier.

4. PERFORMANCES ET RÉSULTATS ATTENDUS

La mise en place des équipements adaptés **respectant les préconisations des fabricants** permet d'atteindre des performances élevées avec les résultats suivants :

Performances au niveau de l'équipement de tri/séparation des métaux	Taux de captage en emballages et éléments ferreux (en masse)	Pureté en masse (en emballages et éléments ferreux) (y compris imbriqués)
Emballages en acier standard	>98%	>95% ⁴
Emballages en acier avec fines	>95%	>95%

Taux de captage et de pureté des métaux

Ces données sont issues de tests chez les fabricants et de retours d'expérience sur les sites références. Ils sont dépendants de la qualité des flux entrants qui peut impacter fortement la pureté (en emballages ou autres éléments métalliques) et en fonction aussi de la proportion d'imbriqués dans le flux.

Elles ne présagent pas des performances globales sur le centre de tri si les flux métaux ne sont pas bien orientés vers l'équipement de tri de ces métaux.

5. INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les fabricants d'équipements de tri des métaux qui ont été sollicités pour ce guide peuvent apporter des éléments complémentaires techniques et économiques : Andrin (Fr), Gauss Magneti (I), Gousmit (NI), Lenoir/Delachaux (Fr), SGM Gantry (B), Steinert (D)... (liste non exhaustive).

⁴ 95% d'emballages en acier équivaut à 88% de métal magnétique selon un test BSL

Fiche technique N°6

Séparateur Non ferreux

L'objectif du séparateur de métaux non-ferreux est d'extraire les objets métalliques non-ferromagnétiques, comme l'aluminium, d'un flux de matériaux en vrac.

Les équipements utilisés dans les centres de tri (CdT) sont des Machines à Courant de Foucault (MCF).

1. PRINCIPE DE LA MACHINE

Elle est composée d'un convoyeur à bande dont le tambour de tête est remplacé par un tube en résine diélectrique (enveloppe de convoyage).

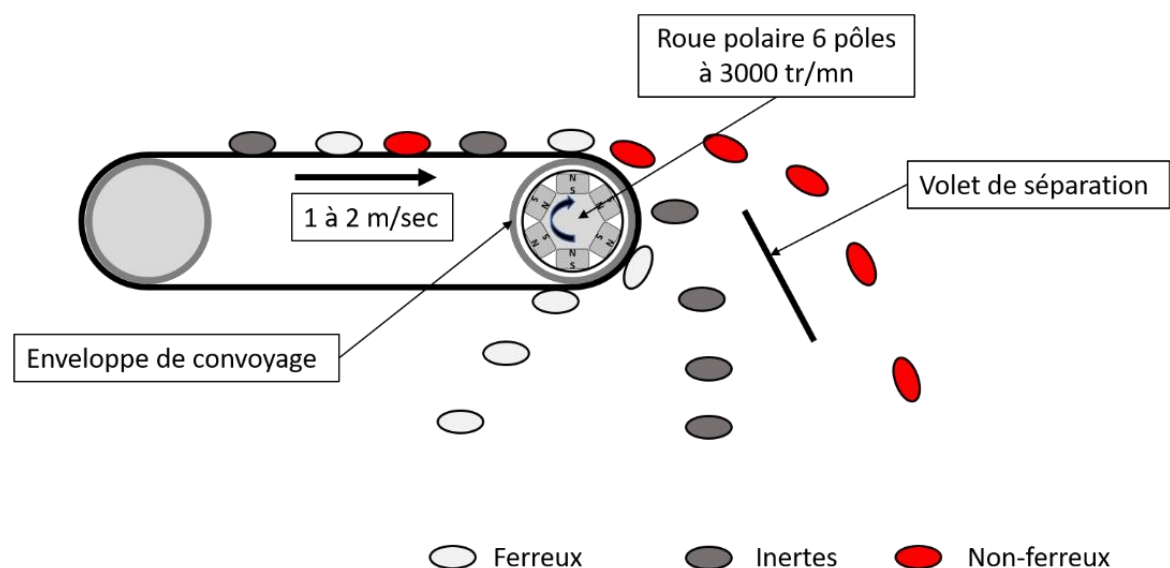
Placée à l'intérieur de ce tube, une roue polaire (RP) tourne à grande vitesse. La RP dispose d'une pluralité de paires de pôles magnétiques alternés nord/sud.

La vitesse périphérique de la RP est bien plus élevée que la vitesse de la bande. En arrivant en tête du convoyeur, le produit est donc soumis à un champ magnétique variable qui induit dans tous les objets conducteurs (aluminium, cuivre, etc...) un courant appelé courant de Foucault.

Si l'objet conducteur n'est pas magnétisable, les forces magnétiques qui résultent de ces courants induits s'opposent à celles de la source magnétique qui leur a donné naissance (ceux de la RP). L'effet de répulsion qui en résulte se traduit par l'éjection des objets (non-ferreux) au-delà du volet de séparation (voir schéma ci-dessous).

Si l'objet conducteur est magnétisable (ferreux), il est plus fortement attiré par les aimants qu'il n'est repoussé par les courants de Foucault et il reste collé au tapis : si la MCF n'est pas équipée d'un système d'élimination, l'objet reste attiré et s'il peut rouler sur lui-même, il va stagner et chauffer (par induction), ce qui peut entraîner la dégradation de la machine. Le flux amont doit donc être très bien déferrailé en amont si on veut éviter ce danger.

Les éléments non magnétiques tombent au droit de la RP.



2. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Le choix d'une Machine à Courant de Foucault ne doit pas se résumer au nombre de pôles des MCF, qui n'est pas le seul élément technique de mesure de la performance : d'autres critères comme le type de technologie et de montage, la nature et la puissance des corps magnétiques, la vitesse de rotation, les possibilités de réglage et de maintenance... sont aussi importants dans l'atteinte des performances.

Les principales caractéristiques d'une MCF sont :

2.1 SA PROFONDEUR DE CHAMP (HAUTEUR DU CHAMP MAGNÉTIQUE D'INFLUENCE GÉNÉRÉ PAR LA ROUE POLAIRE AU-DESSUS DE LA BANDE).

Elle est fonction :

- de la largeur des pôles magnétiques,
- de l'épaisseur des aimants,
- de la matière des aimants (ferrite, néodyme) et de leur grade (suivant le grade de néodyme, les performances peuvent varier du simple au double),
- de la qualité d'assemblage de la RP et des autres empilages d'entrefers qui éloignent les aimants du produit (jeu fonctionnel, épaisseur de la bande et de l'enveloppe de convoyage).

2.2 SA FRÉQUENCE MAGNÉTIQUE (NOMBRE D'INVERSIONS N&S PAR SECONDE).

En prenant comme exemple les schémas de principe présentés plus hauts, les roues polaires disposant par exemple de 3 paires de pôles N&S lorsqu'elles tournent à 3000 tr/mn, produisent un champ magnétique à d'une fréquence de 150 Hz ($F=V*NPP/60$).

Techniquement, plus la fréquence est élevée, plus les petits éléments sont impactés. Pour augmenter la fréquence, on agit donc sur la vitesse de rotation et/ou sur le nombre de paires de pôles, ce qui a deux impacts :

- pour rester dans des gammes standard de diamètre de roue polaire, on est obligé de diminuer la taille des pôles magnétiques, ce qui réduit la profondeur de champ ;
- Egalement pour rester dans des gammes standard, la vitesse de rotation est limitée et en plus, au-delà de 3500 tpm, on atteint la limite critique d'éjection.
- Enfin, l'augmentation de la fréquence s'accompagne également de l'augmentation de l'effet Joule, ce qui correspond à une perte d'énergie (thermique) et à un risque accru d'échauffement.

En conclusion, les limites techniques et économiques imposent la limitation d'une grande profondeur de champ couplée à une fréquence élevée. A diamètre de roue et à vitesse de rotation identiques, on fera le choix de peu de pôles, mais larges pour obtenir une grande profondeur de champ, alors qu'on réduira la largeur des pôles et on augmentera leur nombre pour obtenir un niveau élevé de fréquence.

Les principaux constructeurs proposent des MCF avec RP de diamètre 300 à 450 mm équipées de 12 à 40 pôles tournants à 3000 tours par minute, soit 300 à 1000 Hz.

Pour éjecter de gros objets on privilégiera un champ profond alors qu'une fréquence élevée sera préférée pour les petits objets ou les éléments plats et fins.

Au-delà de la performance de la RP, il faut tenir compte des éléments suivants :

2.3 RISQUES & QUALITÉ DE FABRICATION

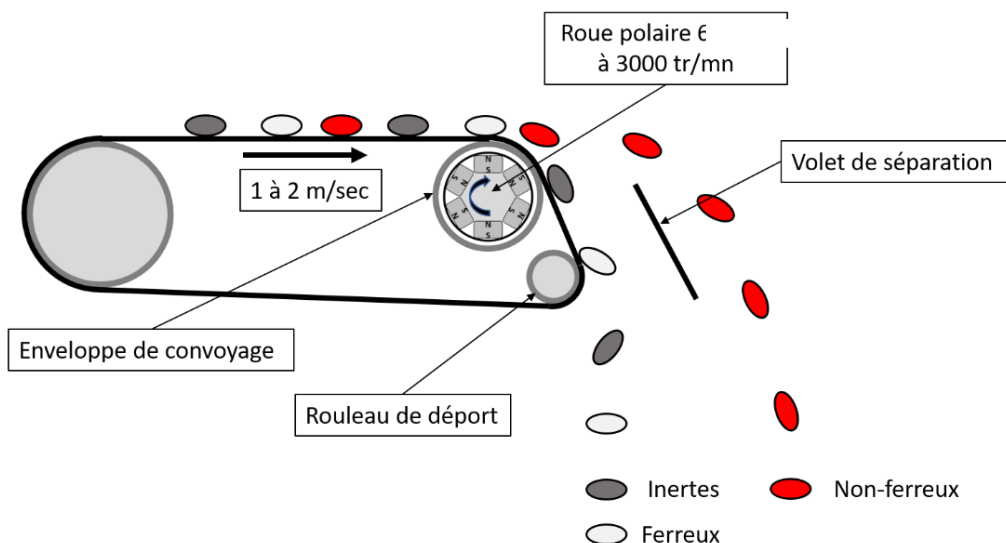
- En fonctionnement, la RP produit un effet identique à celui d'une table de cuisson à induction. L'utilisation, dans sa conception, de matériaux non-conducteurs tel que des matières plastiques et composites s'impose donc (Ex. pour la fabrication de l'enveloppe et de la bande de convoyage).
- Ainsi, l'enveloppe et la bande (élastomère, PVC ou PU) de convoyage peuvent évoluer dans le champ magnétique variable créé par la RP sans être induits par les courants de Foucault.
- En revanche, dans le cas où un intrus ferromagnétique resterait piégé dans ce champ magnétique variable (Ex. arrêt de bande intempestif), il chaufferait très rapidement pour atteindre les températures de fusion des résines.
- Il est fort probable qu'il s'incruste dans un des deux organes de convoyage ou qu'il les traverse pour aller se coller sur la RP.
- **Les conséquences** : usure prématurée de l'enveloppe et de la bande de convoyage, dégradations irréversibles de la RP.
- Une roue polaire est un assemblage de pièces mécaniques et d'aimants, d'une masse importante (jusqu'à plusieurs centaines de kilos), que l'on fait tourner à grande vitesse (généralement à 3000 tr/mn). Son dimensionnement nécessite du calcul et sa réalisation, de la précision.
- A défaut, les risques sont au mieux, d'obtenir un balourd difficilement compensable et au pire, qu'un ou plusieurs aimants se décroche à grande vitesse.
- **Les conséquences** : du bruit et des vibrations à l'utilisation dans le premier cas et une dégradation irréversible de la MCF dans le deuxième.

Chaque fabricant fait ses propres arbitrages sur les options techniques relatives à la performance, la robustesse, la précision, la qualité perçue et aux coûts de fabrication.

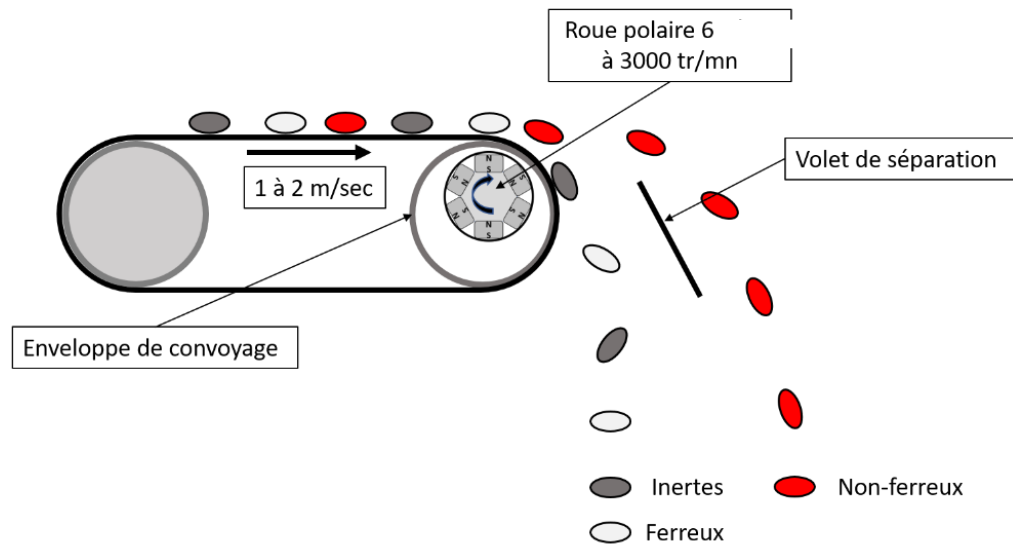
2.4 SON ARCHITECTURE

Les fabricants proposent plusieurs types de montage :

- Roue polaire concentrique à l'enveloppe de convoyage, simple suivant schéma ci-dessus ou avec rouleau de déport comme ci-dessous.



- Ou bien, roue excentrée de l'enveloppe de convoyage.



3. AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Le tableau ci-après synthétise les éléments techniques sur ces différents outils et leurs possibilités d'utilisation dans les centres de tri pour le tri des métaux non-ferreux :

Équipements	Avantages	Inconvénients	Budget
MCF à roue polaire concentrique	Machine compacte Simple d'utilisation	Nécessite un captage performant des métaux ferreux en amont pour protéger la MCF	+
MCF à roue polaire concentrique + rouleau de dépôt	Moins sensible à la présence de particules ferreuses	Machine plus volumineuse Maintenance légèrement plus lourde	++
MCF à roue excentrée	Moins sensible à la présence de particules ferreuses Position angulaire de la roue polaire réglable permettant d'optimiser les trajectoires.	Machine plus volumineuse Maintenance plus lourde	+++

Les budgets varient entre 40 et 150 k€ selon la capacité et le type de roue polaire proposés.

4. PRECONISATIONS

4.1 CHOIX DE LA MCF

Il n'existe pas de MCF capable d'extraire efficacement tous les métaux non-ferreux dans un flux de 0 à 400 mm :

Couper le flux en plusieurs tranches granulométriques et utiliser les équipements adaptés à la nature et à la taille et forme des objets à capter dans chaque fraction est **INDISPENSABLE** pour garantir une bonne extraction.

Le choix ne doit pas se résumer au nombre de pôles des MCF, qui n'est pas le seul élément technique de performances comme nous l'avons vu précédemment.

Pour le flux « **standard** » majoritairement de canettes et pour des fractions comprises entre 50 et 200mm, une machine équipée de **16 pôles minimum est adaptée** ;

Pour le flux « **expérimental** » ou pour capter les petits éléments et les éléments légers (fractions comprises entre 0 et environ 80mm en 3D ou 140mm en 2D), il est nécessaire d'installer une machine avec au minimum **24 pôles équipée d'un système de protection pour les aciers** (système spécifique, tambour désaxé, tambour supplémentaire...suivant les fournisseurs).

Ceci reste une proposition qui pourra varier en fonction des performances intrinsèques à chaque fabricant.

Remarque : Une solution intermédiaire avec une machine bicanal a été déjà installée sur certains sites : le réglage séparé des séparatrices optimise l'efficacité de la séparation. Cependant, il reste nécessaire d'avoir un tri par tranche granulométrique et du fait du choix unique du nombre de pôles, la perte d'efficacité sur les deux fractions est à comparer au moindre investissement affiché (prix d'une machine seule mais auquel il faut ajouter celui des différents convoyeurs et/ou cribles pour obtenir les deux flux séparés (flux standard et flux expérimental)).

4.2 LES POINTS CLÉS POUR UNE BONNE UTILISATION D'UNE MCF

- **Prévoir** un dispositif de **tri des métaux ferreux** performant en amont de la MCF pour limiter les risques de détérioration.
- **Dimensionner** l'équipement sur la **base d'un flux monocouche** (comme pour les tri optiques) et calculé avec le **débit maximum** mesuré en pointe (et non une valeur moyenne ne permettant pas d'absorber les fortes fluctuations de débit et entraînant une dégradation de performances (efficacité, pureté). Il faut aussi tenir compte des fluctuations des flux de collecte sélective (dépendant des zones collectées, de la période de l'année, des évolutions futures...)
- **Assurer une alimentation régulière et uniformément répartie** pour une optimisation des performances qualitatives et quantitatives
- **Ajuster la vitesse du tapis** pour que les objets atteignent la vitesse cinétique maximum en adéquation avec le champ magnétique et cela afin de garantir un débit important.
- **Surveiller régulièrement et ajuster si nécessaire le volet de séparation** pour éviter de perdre des métaux et/ou augmenter le taux de pollution.

5. PERFORMANCES ET RÉSULTATS ATTENDUS

Le bon respect des préconisations des fabricants est la meilleure solution pour garantir un taux de captation et un taux de pureté optimums.

Ci-après, les résultats obtenus avec les équipements adaptés :

Performances au niveau de l'équipement de tri/séparation des métaux	Taux de captage (en éléments non ferreux) (en masse)	Taux de pureté (en masse) <i>(la teneur en alu dépend des matériaux présents)</i>
Emballages en aluminium standard	>95%	>90% ⁵
Emballages en aluminium expérimental	>85%	>85%

Ces données sont issues de tests chez des fabricants et de retours d'expérience sur les sites références. Ils sont dépendants de la qualité des flux entrants qui peut impacter fortement la pureté (en emballages ou autres éléments non ferreux).

6. INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les fabricants d'équipements de tri des métaux non ferreux qui ont été sollicités pour ce guide peuvent apporter des éléments complémentaires techniques et économiques : Andrin (Fr), Gauss Magneti (I), Gousmit (NI), Lenoir/Delachaux (Fr), SGM Gantry (B), Steinert (D)... (liste non exhaustive).

⁵ Pureté en emballages aluminium, équivalent au minimum à 45% de teneur alu (qualités potentiellement inférieures pour l'alu expérimental)

Fiche technique N°7

Contrôle qualité des emballages en acier

Le contrôle qualité des paquets d'emballages en acier issus de la collecte séparée devient un incontournable, compte tenu notamment de l'accroissement du volume et de la modification de la composition du gisement des flux à trier en centres de tri. Or ce contrôle qualité reste difficile à réaliser une fois les emballages en acier conditionnés en paquets. La Filière Acier a développé une procédure d'autocontrôle qualité de ces emballages en acier issus de la collecte séparée par les exploitants de centre de tri par prélèvement par by pass entre l'overband et la presse à paquets.

Objectif de cette procédure : proposer aux exploitants des critères de contrôle de la qualité des paquets pouvant être mis en œuvre dans les centres de tri afin d'identifier au plus tôt toute dérive et la composition des polluants. Le but final étant d'éviter les refus de chargement à la réception en aciérie, apporter des actions correctives et curatives.

Ces critères de contrôle couvrent les trois requis du standard Acier issu de la collecte séparée et des PTP, soit la densité des paquets, la teneur en métal magnétique et le taux d'humidité.

En ce qui concerne la teneur en métal magnétique, la Filière Acier a travaillé avec la R&D Recyclage d'ArcelorMittal, les réceptionnaires de l'aciérie de Dunkerque et des exploitants de centres de tri à la correspondance entre « teneur en métal magnétique » et « taux d'emballages en acier vidés ». Le résultat des tests confirme que pour atteindre 88% de teneur en métal magnétique, il faut un taux d'emballages vidés de 95%.

Points à prendre en compte dans le calcul de ce taux de 95% :

- Les emballages en acier imbriqués ne pouvant être considérés comme de l'emballage en acier à 100% : application du pourcentage moyen d'emballages en acier présent dans les imbriqués (76 %) sur le poids des imbriqués.
- Les éléments en acier non emballages sont considérés comme « polluants » et ne rentrent pas dans le calcul des 95%

Cette analyse est menée à l'aide d'une caractérisation by pass – en récupérant les emballages captés par le (ou les) overband(s) avant la mise en paquets. Pour être représentatif, une caractérisation doit se faire sur un tonnage de 70kg.

Pour avoir une bonne appréciation de la qualité des emballages en acier, la Filière Acier recommande qu'une telle caractérisation soit réalisée **2 fois par mois**, afin d'obtenir un résultat moyen correspondant aux différents flux / saisonnalités / mix des emballages triés par le centre de tri.

Page suivante : extrait de la plaquette ARCELORMITTAL « Procédure d'auto-contrôle qualité des aciers issus de la collecte séparée par le centre de tri » mise à disposition des centres de tri à chaque visite.

Contrôle qualité des paquets selon les Prescriptions Techniques Minimales (PTM) du standard des aciers issus de la collecte séparée

1. Contrôle de la masse volumique des paquets : de 1,2 à 2 kg/dm³ / PTM

a) Contrôle visuel

Bonne qualité des paquets
Acceptation par les réceptionnaires de l'aciérie



Qualité moyenne des paquets
Avertissement des réceptionnaires de l'aciérie



Mauvaise qualité des paquets
Refus des réceptionnaires de l'aciérie



La mauvaise tenue des paquets traduit la présence trop importante de produits non magnétiques (papier, plastique, etc.) ou d'une compression insuffisante de la presse à paquets

b) Test de chute : les paquets doivent résister à 5 chutes consécutives d'une hauteur de 2m sur une aire bétonnée

2. Contrôle de la teneur en métal magnétique : ≥ 88% / PTM

Echantillonnage par by pass : prélèvement par déviation directement en amont de la presse à paquets de 70kg des aciers extraits par overband.

Prélèvement

- Prélèver un échantillon par déviation directement en amont de la presse à paquets
- Mettre cet échantillon dans une poubelle de 100L
- Un prélèvement optimisé pèse 70 kg
- Le prélèvement est réalisé 1 à 2 fois par mois

Caractérisation

- Vider le prélèvement sur la table de caractérisation
- Indiquer sur chaque récipient le nom d'une catégorie à trier (cf liste de catégories ci-contre - étape saisie)
- Peser chaque récipient vide (tare) et reporter ce poids sur la feuille de caractérisation
- Trier les matériaux selon les différentes catégories sélectionnées
- Peser les récipients des différentes catégories et reporter ce poids sur la feuille de caractérisation

Saisie des résultats de la caractérisation

	Masse nette en kg	%
Emballages en acier bien vidés		
Emballages en acier non vidés		
Emballages en acier imbriqués		
Total emballages en acier		
Autres éléments en acier		
Emballages plastiques souples		
Emballages plastiques rigides		
Films et sacs plastiques		
Emballages en carton		
Autres (à spécifier)		
Total autres éléments non acier		
Total		

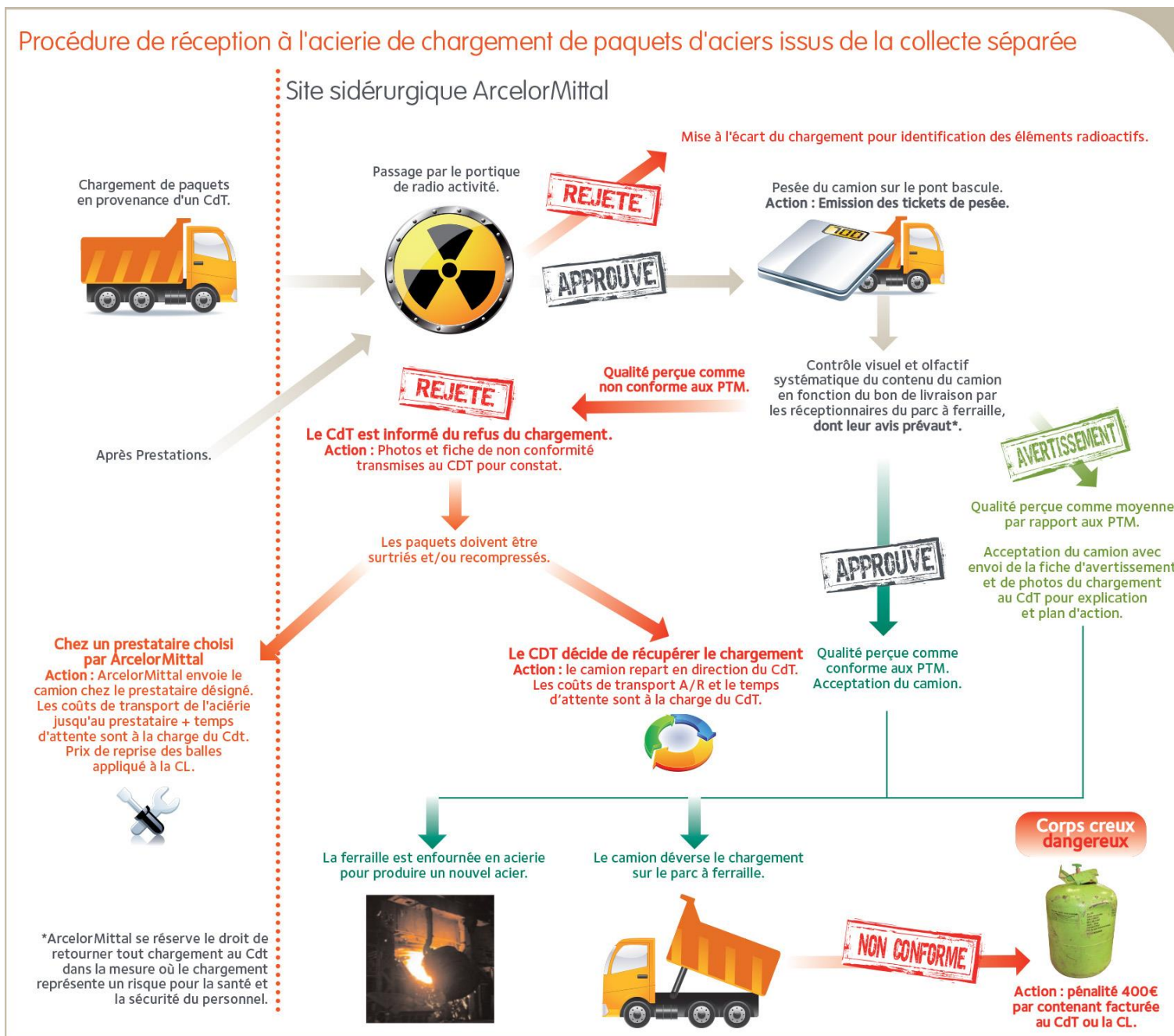
Résultat à atteindre :
95% d'emballages en acier dans l'échantillonnage = 88% de teneur en métal magnétique

3. Vérification des conditions de stockage des paquets avant enlèvement

Contrôle de la teneur en eau <10% / PTM. Un taux d'humidité élevé dégrade la teneur en fer des paquets et présente un risque d'explosion dans les fours sidérurgiques



Des alvéoles de stockage bien séparées évitent la pollution des flux stockés pour enlèvement et recyclage





Donnons ensemble une
nouvelle vie à nos produits.



www.citeo.com



ArcelorMittal

http://packaging.arcelormittal.com/Sustainable-Development/France_Reprise_Filiere_acier