

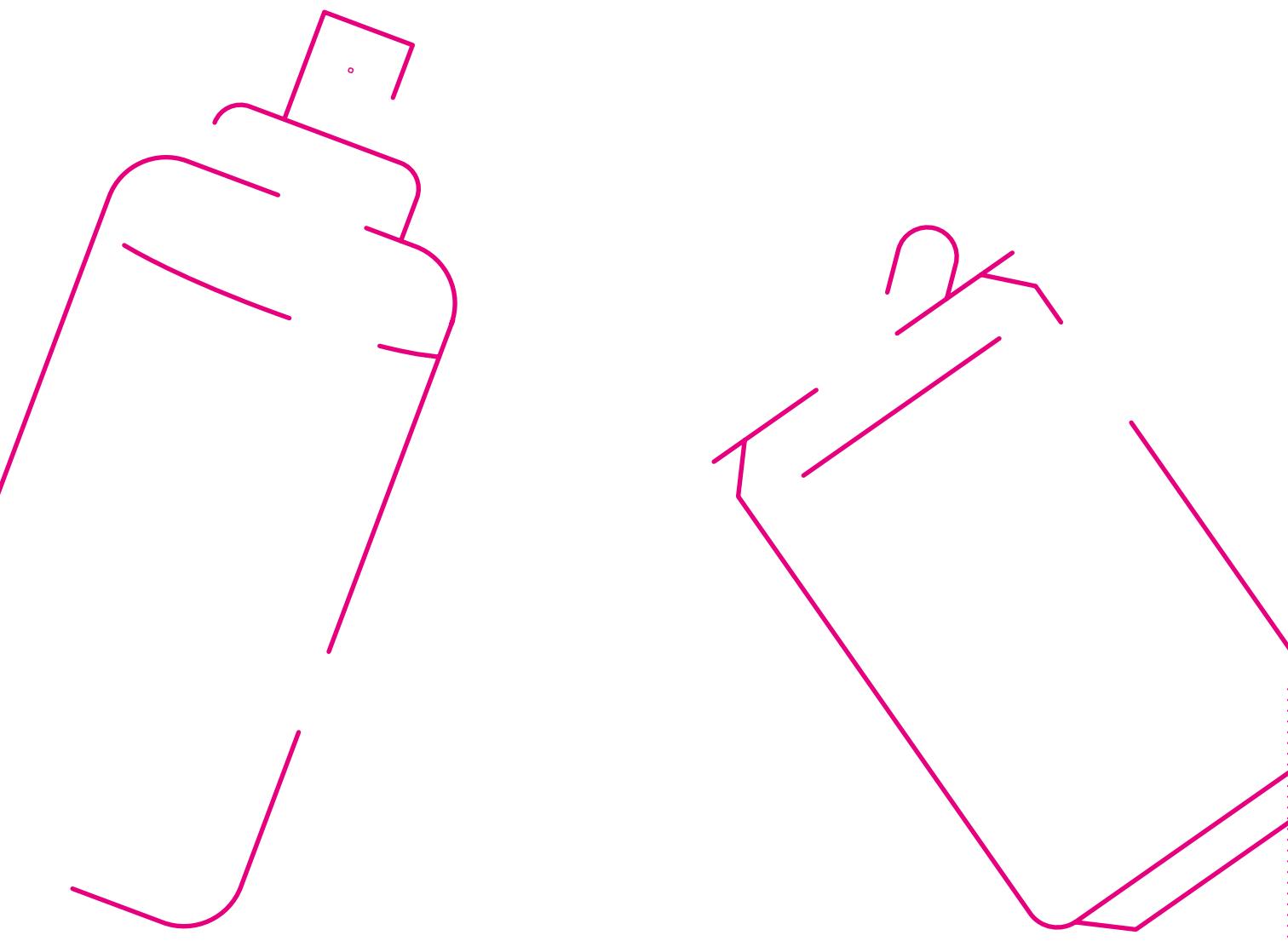
Étude sur les leviers d'amélioration de la qualité des emballages en acier de collecte selective

GUIDE ACIERS 2023

FOCUS EMBALLAGES IMBRIQUÉS
ET ACIERS NON EMBALLAGES
PRÉSENTS EN CENTRES DE TRI

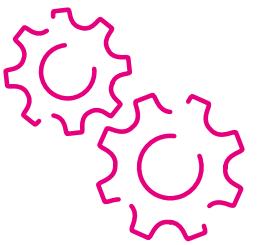


Sommaire



Enjeux, contexte et périmètre du projet	4
Méthodologie employée	6
Mesures en amont des centres de tri (étapes collecte et transfert)	
Mesures en sortie des centres de tri et analyse du process	
Résultats des mesures en amont et en entrée des centres de tri	8
Analyses dans les centres de tri	10
Caractérisations sur flux acier avant presse à paquets	
Analyse des process des centres de tri	
Évaluations économiques des impacts des mesures réalisées	13
Leviers d'amélioration possibles	15
Leviers en amont des centres de tri	
Leviers en centres de tri	
Conclusion	18
Annexe : grille de caractérisation	20
Glossaire	21

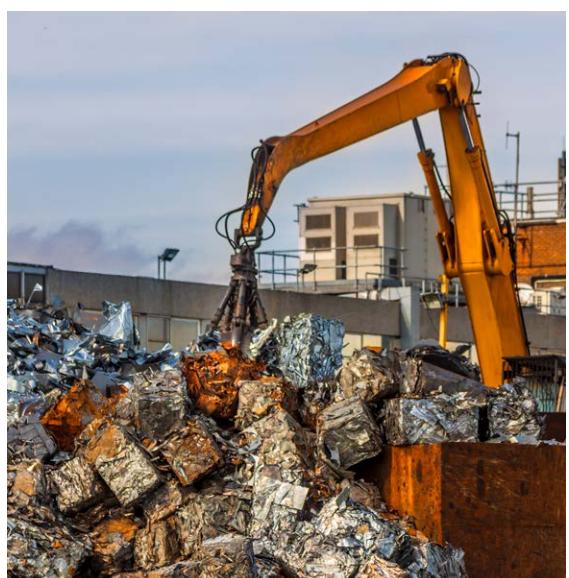
Enjeux, contexte et périmètre du projet



La mise en œuvre de l'extension des consignes de tri (ECT) en 2015 et la reconfiguration des centres de tri ont conduit à la réalisation en 2016 et 2017 d'une étude prospective de l'extraction des aciers issus de la collecte séparée (cofinancée par ArcelorMittal France, l'ADEME et Citeo), dont les conclusions ont été publiées en juin 2018 dans le « [Guide de recommandations pour l'amélioration du tri des emballages en acier et en aluminium](#) ». La modernisation des centres de tri s'est poursuivie depuis lors avec notamment l'échéance réglementaire du 1^{er} janvier 2023 pour des consignes en extension pour tout le territoire français, qui a rythmé le déploiement et les vagues de travaux.

Les acteurs de la filière acier, depuis ces premières études, se sont attachés à **suivre la qualité des matières sortantes des nouvelles installations industrielles**. La qualité des matériaux triés, et en particulier des aciers d'emballages, reste un enjeu important afin de garantir des matériaux conformes aux besoins et aux contraintes des unités de recyclage, en l'occurrence des aciéries.

Suite à l'étude menée en 2016 et 2017, ArcelorMittal France (AMF), filière acier dans le dispositif de la filière



REP des emballages ménagers et recycleur final majoritaire des tonnages d'acier de collecte sélective en France, constate qu'un nombre de centres de tri passés en ECT n'atteignent pas les critères de performance qualité requis par le standard et ses prescriptions techniques particulières pour les emballages en acier issus de la collecte sélective.

Parmi les principaux polluants dégradant la qualité de l'acier en sortie de centres de tri : les imbriqués, présents dans les paquets d'acier, mesurés en moyenne à 12 % dans le guide en 2017-2018, augmentent encore avec des taux moyens de 15 % en 2021 selon des mesures de l'observatoire de la qualité Citeo.

Ces imbriqués apportent un volume de polluants plastiques et papiers/cartons importants, empêchant la bonne compression des paquets et produisant donc du vrac. De plus, la présence de ces polluants en acierie est synonyme d'explosion et/ou de très forts indices de flammes lors de l'enfournement dans les convertisseurs, causant des dommages industriels, économiques et environnementaux importants pour les aciéries.

ArcelorMittal France et Citeo ont décidé en novembre 2020 de compléter les études précédentes et d'analyser la qualité du flux acier entrant dans les centres de tri et les impacts induits par cette qualité dans l'extraction de l'acier en centres de tri.

L'enjeu est d'identifier :

- ↪ les sources des pollutions du flux acier ;
- ↪ des pistes d'amélioration de la qualité des emballages en acier en sortie de centres de tri pour un recyclage pérenne et de qualité de ces emballages représentant un gisement mis en marché de 250 000 tonnes en 2021.

Les études réalisées dans le cadre du guide publié en 2018 focalisaient sur le process des centres de tri et les équipements dédiés au tri des emballages en acier.



La présente étude complète cette approche avec les objectifs suivants :

- **identifier et analyser les causes de non-performance qualité de l'acier**, de l'entrée en centres de tri jusqu'à la mise en paquets. Six centres de tri en France ont été choisis afin d'obtenir une bonne représentativité des modes de collectes, des process de tri et des typologies de territoires puisqu'ils couvrent à la fois du milieu rural, semi-urbain et urbain. Un critère de choix de ces sites a également été la gestion par centres de transferts d'une partie des apports de la collecte sélective. Les flux réceptionnés sont des flux multimatériaux, exclusivement en ECT et représentatifs de la majorité des flux entrant en centres de tri. Enfin les process de tri couvrent les principaux schémas techniques récents observés sur le territoire ;
- **vérifier la mise en œuvre des préconisations du « [Guide de recommandations pour l'amélioration du tri des emballages en acier dans les centres de tri modernisés](#) » publié en 2018** ;
- **rédiger des recommandations techniques et d'exploitation** pour améliorer la qualité du tri de l'acier en fonction des nouveaux résultats obtenus ;
- **proposer des leviers pour améliorer cette qualité de l'acier** sortant des centres de tri et atteindre ainsi les requis minimaux du standard acier issu de collecte sélective et des prescriptions techniques particulières ;
- **évaluer le coût de la non-qualité pour les différentes parties prenantes** et des gains potentiels au travers des pistes de progrès identifiées.

Ce document est une synthèse des enseignements issus de l'étude réalisée en 2020 et 2021 en association avec les exploitants et collectivités sélectionnés. Ce document est à destination de toutes les parties prenantes du dispositif de collecte et de tri des emballages et des papiers graphiques, et en particulier des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et exploitants des centres de tri, collectivités et leurs groupements, bureaux d'études et prestataires privés.

POINT D'ATTENTION

Cette étude ne comporte pas d'analyse de la communication réalisée par les collectivités et leurs groupements à destination des habitants, ni de la bonne adéquation entre les volumes des contenants mis à disposition des habitants et les fréquences de collecte.

Il est à considérer cependant que ces deux thématiques, intervenant avant la prise en charge des contenants par les bennes de collecte, restent des prérequis importants à ce qui va être décrit dans la suite de ce document.

En effet :

↪ une communication de qualité, récurrente, avec des visuels accessibles à tout public, relayée sur le terrain par la présence d'ambassadeurs de tri pour permettre une bonne appropriation par les habitants, est un point indispensable pour éviter les imbriqués maison tout en expliquant la notion d'emballage ménager ;

↪ une vérification sur le terrain des taux de remplissage, des taux de présentation des bacs en fonction des fréquences de collecte mises en place sur les territoires, notamment en porte à porte, permet de s'assurer que les habitants ne soient pas obligés de compacter les emballages dans leur bac de collecte, créant ainsi des imbriqués et de la non-qualité dès cette étape.



Méthodologie employée

La méthodologie employée a été la suivante :

- ⇨ analyse à partir des caractérisations de collecte sélective réalisées en amont du centre de tri (étapes collecte et transfert), de l'évolution de la collecte entrante en étudiant l'acier en fonction des principaux critères affectant la qualité;
- ⇨ évaluation de l'impact de la compaction des bennes à ordures ménagères sur les emballages acier réceptionnés en centres de tri et lors du recours à des quais de transfert;
- ⇨ analyse de la gestion du flux acier en centre de tri et de ses performances qualité après captage par overband.

Comme mentionné précédemment, les six centres de tri étudiés sont récents, trient des flux multimatériaux en ECT et couvrent une diversité de situations représentatives du parc national au regard de la typologie d'habitat des collectivités desservies et des schémas techniques des process de tri.

Mesures en amont des centres de tri (étapes collecte et transfert)

Les centres de tri effectuent très régulièrement des caractérisations de leurs flux entrants. Pour bénéficier de cette source d'information, il a été demandé aux centres de tri de compléter leur grille de caractérisation avec deux informations complémentaires, les « aciers non emballages » et les aciers « imbriqués » sur une période de plusieurs semaines. Ensuite, il a également été demandé aux centres de tri de conserver ces deux catégories d'acier afin d'effectuer des caractérisations complémentaires.



DÉFINITIONS

Imbriqué MAISON

emballage acier imbriqué volontairement (par l'habitant consommateur) avec un autre emballage non acier ou déchets dans celui en acier.

Imbriqué COLLECTE

emballage acier imbriqué avec d'autres matériaux du type un carton ou un plastique par pincement du fait de la compaction/écrasement lors des opérations de collecte, de transfert et de transport jusqu'au centre de tri.

GROSSE granulométrie

élément probablement non passant au criblage, en général > diamètre 200 mm.

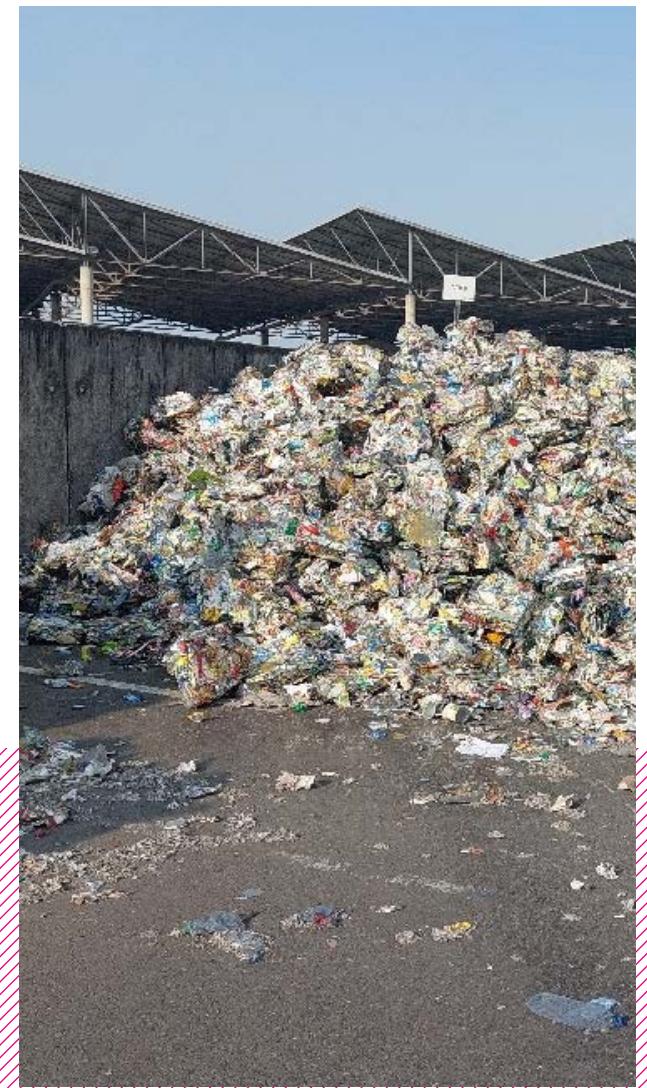
PETITE granulométrie

élément probablement passant au criblage, en général < diamètre 200 mm.

Mesures en sortie des centres de tri et analyse du process

Pour les centres de tri, les mesures sur le flux acier en sortie ont été réalisées en prélevement bypass au niveau de la presse à paquets et en utilisant une grille de caractérisation détaillée. En parallèle, une analyse du process a été conduite pour identifier les points pouvant

dégrader la qualité, comparer les choix techniques implémentés par rapport aux préconisations du guide de 2018, et enfin les impacts sur la qualité des aciers arrivant à la presse à paquets. En conclusion de ces observations, des pistes d'amélioration ont été identifiées et évaluées.



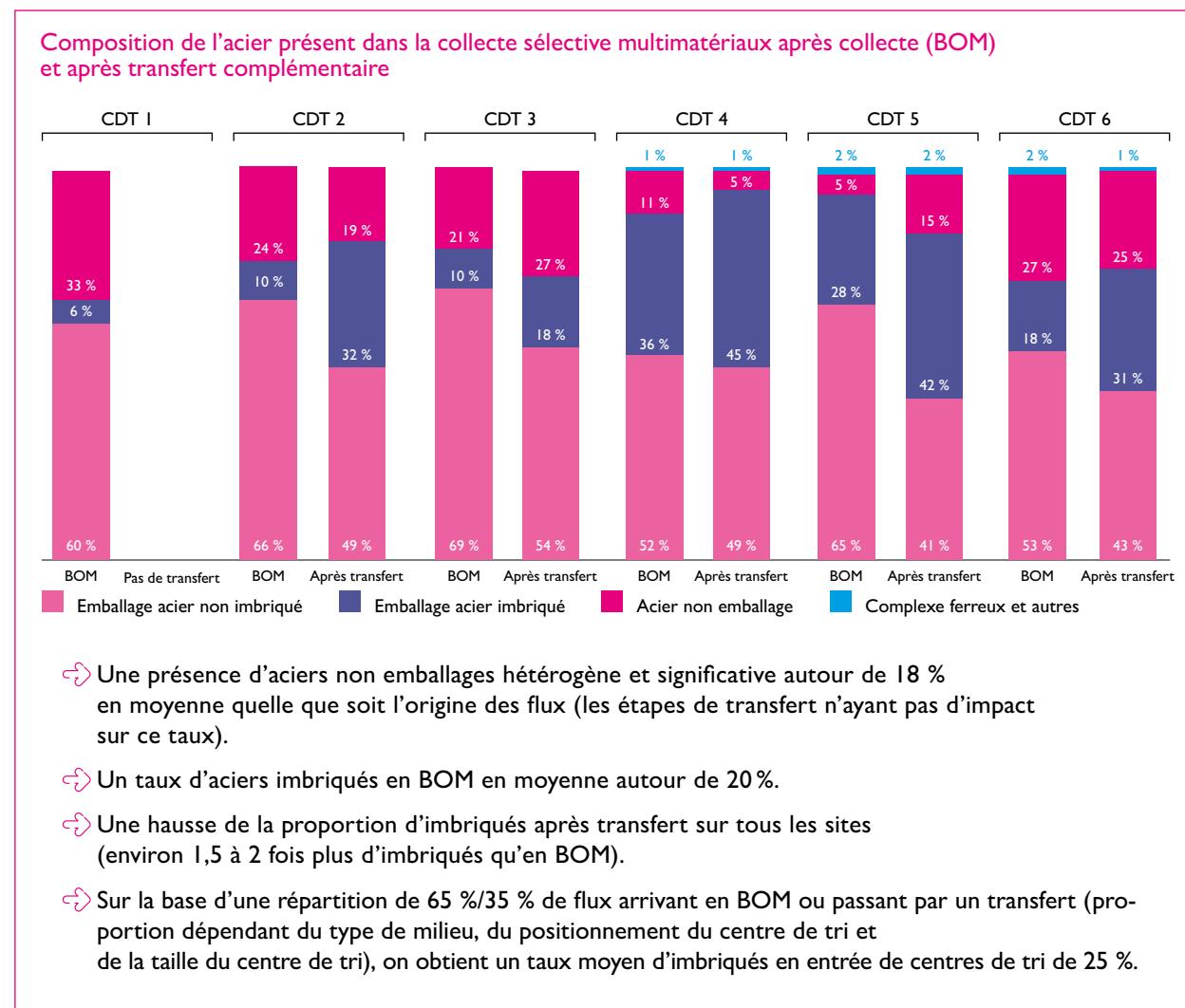
Résultats des mesures en amont et en entrée des centres de tri

Les mesures ont été faites après collecte en benne à ordures ménagères (BOM) et après des opérations de transfert et transport complémentaires pour tenir compte des différents types de logistiques existants entre le contenant de l'habitant et le centre de tri.

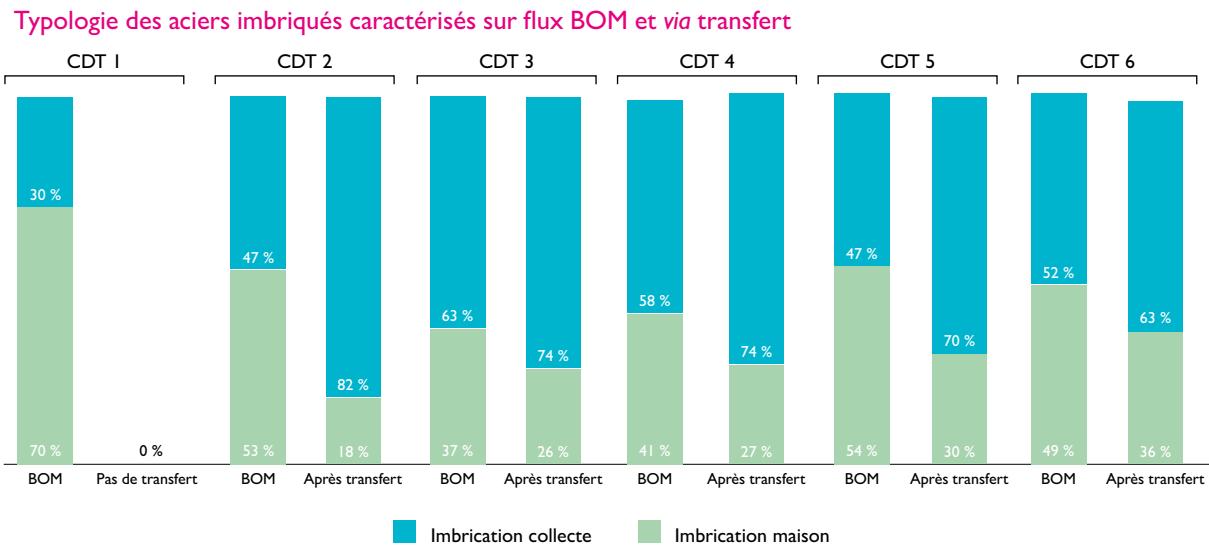
En moyenne, la proportion d'acier dans le flux de collecte sélective multimatériaux en ECT est autour de 3,7 % avec

des variations importantes entre le milieu urbain et le milieu rural, ce qui est en cohérence avec les données nationales.

Les résultats par centre de tri sont présentés ci-dessous avec, pour chaque centre de tri, les données pour les prélevements en BOM et les données après centres de transfert pour cinq centres de tri.



Concernant la typologie des imbriqués (maison ou collecte), les résultats par centre de tri en sortie BOM et après transfert sont les suivants :



À l'étape collecte, la partition d'acières collecte et maison est d'environ 50 %/50 %.

Après l'étape transfert, une hausse de la proportion d'acières collecte sur tous les sites avec une proportion qui passe à environ 75 %.

Sur la base d'une répartition de 65 % de flux arrivant en BOM et 35 % passant par un transfert (proportion dépendant du type de milieu, du positionnement du centre de tri et de la taille du centre de tri), on obtient un taux moyen d'acières maison autour de 40 % et d'acières collecte autour de 60 % en entrée de centre de tri.

L'étape de transfert affecte notablement la proportion d'acières à l'entrée des centres de tri analysés.



Analyses dans les centres de tri

Après avoir analysé les différents flux entrant sur les six centres de tri ciblés, l'étape suivante s'attache à analyser les process de tri de l'acier en deux parties :

- ➡ des caractérisations bypass sur les aciers avant presse à paquets complétées par les mesures réalisées par AMF depuis le passage en extension des consignes de tri sur ces mêmes centres de tri ;
- ➡ une étude de chaque process des centres de tri retenus pour :
 - vérifier l'intégration ou non des préconisations du guide acier – en fonction de leur date de modernisation ;
 - identifier et comprendre les étapes pouvant affecter la qualité des aciers.

Caractérisations sur flux acier avant presse à paquets

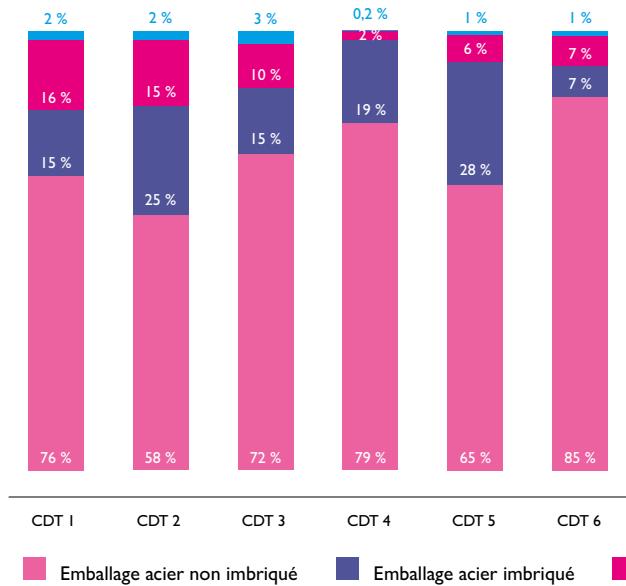
Les caractérisations bypass ont été faites en sortie d'overband et avant la presse à paquets (cf. annexe).

L'analyse a été approfondie pour comparer ces résultats avec les mesures faites en entrée de centres de tri. En particulier, les imbriqués captés par l'overband ont été isolés pour étudier leur composition (part acier et

non acier) ainsi que leur origine (imbrûqué « maison » et imbrûqué « collecte ») et par taille d'imbriqués.

Les résultats des différentes mesures faites sur les six centres de tri sont présentés ci-après. Les mesures ayant été faites en complément par AMF sur les mêmes centres de tri ont été aussi intégrées.

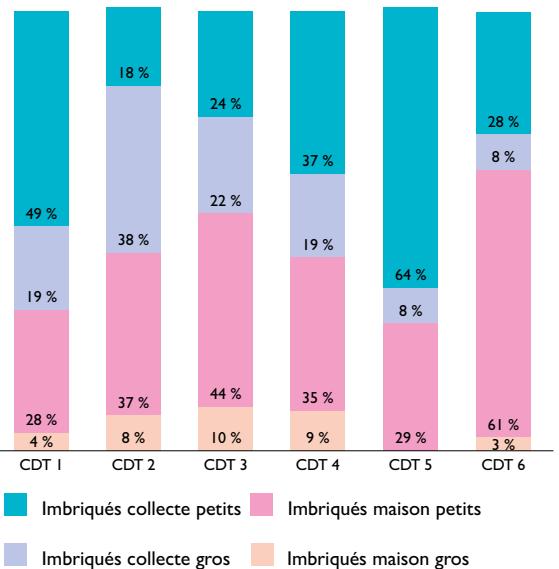
Composition du flux acier après captage par overband et avant mise en paquets



- ➡ La proportion d'acier non emballage reste élevée, en moyenne 13 %.
- ➡ La proportion d'acier imbrûqué est en moyenne de 18 %.

Les résultats des mesures par typologie et granulométrie des imbriqués sont représentés ci-après :

Typologie et granulométrie des emballages aciers imbriqués en sortie process de tri et avant mise en paquets



➡ Les GROS imbriqués (> 200 mm) représentent autour de 25 % du flux d'emballages acier captés par l'overband avec de fortes disparités.

➡ Les imbriqués COLLECTE sont encore majoritaires (54 % en moyenne).

Imbrûqué maison et imbrûqué collecte



L'analyse des résultats permet de tirer les enseignements suivants :

- ➡ la proportion d'acier non emballage est importante (≈ 13 %) et en forte hausse par rapport aux valeurs mesurées les années précédentes. Cela représente un risque pour les process et la presse à paquets (bourrages, pannes...) et pour le recyclage ;
- ➡ la proportion d'imbriqués en sortie de centres de tri est en moyenne de 18 %. Ces résultats sont supérieurs aux valeurs connues jusqu'à présent :
 - soit une augmentation de 50 % par rapport aux résultats de l'étude du guide en 2018, mesuré à 12 % ;
 - selon des mesures de l'observatoire de la qualité Citeo, le taux d'imbriqués avait déjà augmenté à environ 15 % entre 2019 et 2021 ;
- ➡ la composition des imbriqués reste cohérente avec celle du guide de 2018 : la part de non-aciers est de 24 % du poids des aciers imbriqués, répartis à 50/50 entre les familles plastiques et papier/carton ;
- ➡ la proportion d'autres matériaux non aciers et impuretés libres (non imbriqués avec un emballage acier) reste autour de 2 % ;
- ➡ une analyse sur la répartition imbriqués maison contre collecte et sur la taille des imbriqués montre :
 - une proportion très variable suivant les centres de tri d'imbriqués collecte contre maison et suivant la granulométrie ;
 - une proportion plus élevée d'imbriqués de petites tailles, les gros imbriqués pouvant être extraits manuellement à plusieurs étapes du process.

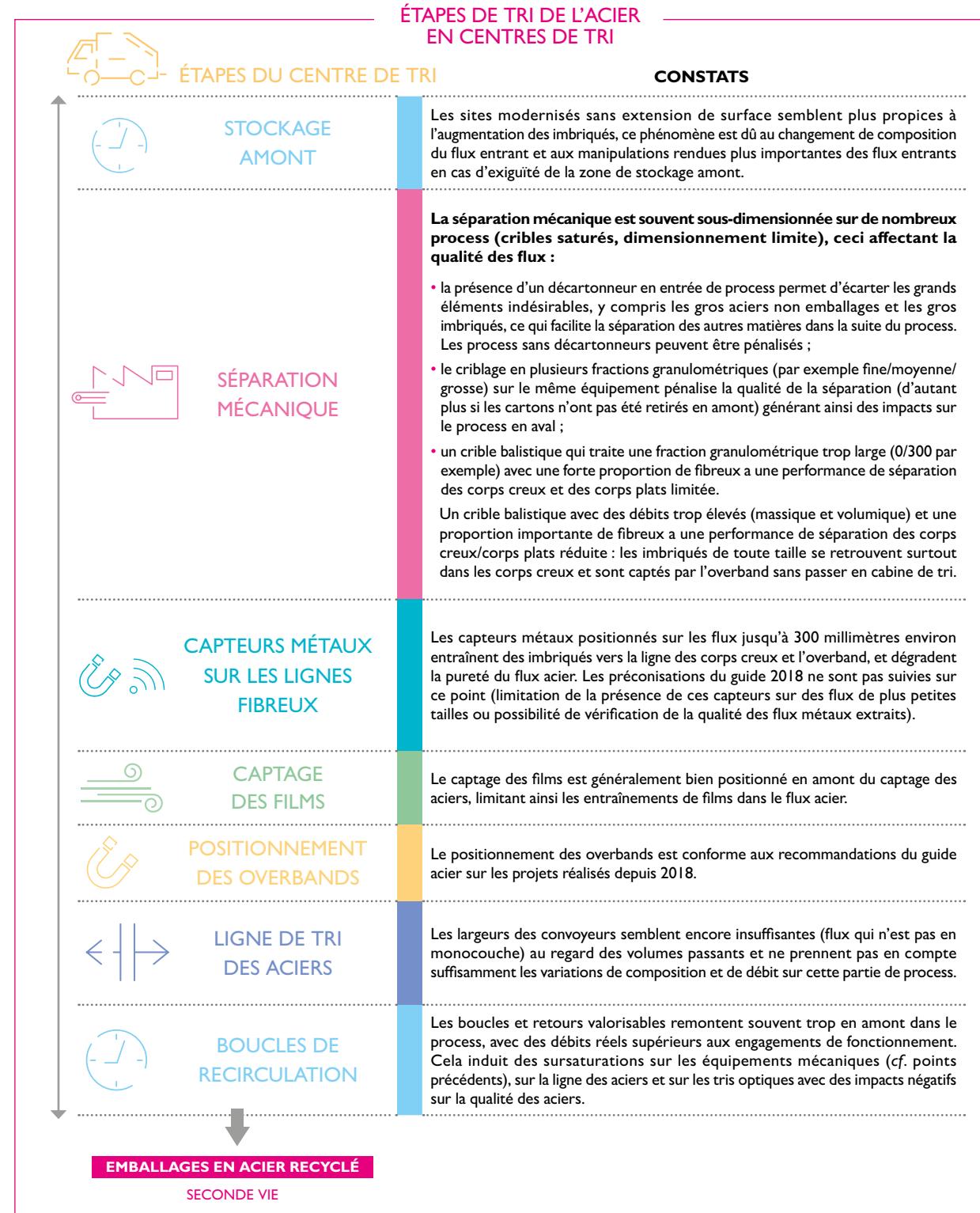
La proportion d'imbriqués et de non-emballages mesurée avant la presse à paquets baisse par rapport aux mesures en entrée de centres de tri (en bennes à ordures ménagères ou après transfert). Les process de tri permettent de réduire la proportion de ces indésirables présents dans les flux entrant en centres de tri. En effet :

- pour les aciers imbriqués, le process peut désimbriquer une partie des flux imbriqués entrants, et plus particulièrement des imbriqués collecte. De plus, une partie des imbriqués se retrouve sur certaines tables de tri (gros, ligne JRM suivant le process) et est extraite manuellement, réduisant la proportion d'imbriqués dans les retours valorisables qui passent sous overband ;
- pour les aciers non emballages, une partie est captée sur les tables de tri (gros, ligne journaux-revues-magazines suivant le process), diminuant leur proportion dans le flux sortant des centres de tri.

Cependant, compte tenu de la forte proportion d'aciers imbriqués et non emballages dans les flux entrants en centres de tri et extraits par l'overband, le niveau de qualité demandé en sortie de centres de tri par la filière (standard et PTP) n'est pas atteint sur les six centres de tri étudiés.

Analyse des process des centres de tri

Cette partie se focalise sur une évaluation des process des six centres de tri retenus dans l'étude, au regard des recommandations du guide métal de 2018. Les constats et analyses sur les sites sont résumés ci-après :



Évaluations économiques des impacts des mesures réalisées

Les enjeux économiques de la non-qualité sur les aciers peuvent être évalués qualitativement et quantitativement. Les évaluations économiques portent sur une approche économique globale. La répartition des impacts entre les différents acteurs (collectivités locales, opérateurs...) dépend des modalités de répartition des compétences et des contrats entre acteurs et ne fait pas l'objet de cette analyse.

Les coûts de qualité et de non-qualité sur les aciers peuvent porter sur les points suivants :

impacts sur les coûts d'exploitation en centres de tri :

- tri manuel des emballages imbriqués et des aciers non emballés pour les extraire du flux de collecte sélective (temps de trieurs) ;
 - impacts des éléments non conformes sur le process avec du temps de personnel (rondiers...) pour corriger ces problèmes ;
 - impacts sur le process : arrêts, bourrages, pannes engendrées par les emballages imbriqués et les aciers non emballés ;
- avec :
- une hausse des coûts d'entretien et de maintenance sur la presse à paquets, l'overband et sur le reste du process (convoyeurs...) ;
 - une baisse du taux de disponibilité liée à ces perturbations ;
 - une hausse des refus et des coûts associés ;

Les hypothèses de calcul sont reprises dans le tableau suivant :

Données CDT	Hypothèses	Hypothèses	Données
Tonnage annuel	Tonnage entrant dans le CDT	Site moyen	30000 t/an
Débit horaire	Débit nominal en tonne/heure (fonctionnement process)	Site moyen	10,0 t/h
Nombre d'heures de fonctionnement par an	Heures annuelles de fonctionnement process	Base deux postes	3 000 h
Taux d'utilisation ¹ du process	Taux annuel	Étude tri surtri	90 %
Taux d'acier emballages conforme en entrée CDT	Moyenne des caractérisations entrantes dans le flux multimatériaux (en %)	Étude 2022	2,80 %
Taux d'acier non conforme en entrée CDT (emballages imbriqués et non emballés)	Moyenne des caractérisations entrantes dans le flux multimatériaux (en %)	Étude 2022	1,50 %
Taux d'acier imbriqués et non conforme entrée CDT	Taux d'acier non conforme en entrée CDT (calcul)	Étude 2022	35 %
Taux d'acier en paquets sortant CDT	Taux d'acier sortant par rapport au tonnage entrant	Moyennes 2022	3,50 %
Taux d'acier non conforme en sortie CDT (emballages imbriqués et non emballés)	% sur les caractérisations bypass presse à paquets (imbriqués et aciers non conformes)	Étude 2022	18 %

¹ Taux d'utilisation = temps de fonctionnement de la chaîne de tri sur une période (heure compteur ou GPAO)/temps de présence des trieurs devant le tapis de tri sur la même période.

impacts sur les soutiens et recettes des collectivités en contrat avec les éco-organismes :

- manque à gagner en soutiens à la tonne et recettes en euros/tonne des aciers imbriqués envoyés en refus ;
- manque à gagner des soutiens et recettes des autres recyclables (papiers, plastiques) dans le flux acier imbriqué ;

impacts filières de la non-qualité des flux acier en sortie de centres de tri :

- coût de déclassement ou de broyage (impacts broyage) ;
- surcoût de transport (dans le cas d'un refus de chargement en entrée d'aciérie) ;
- surcoût de transport après retraitement par broyage ;
- impacts acierie des non-conformités de l'acier.

Ces éléments économiques sont estimés en fonction des connaissances à date. Ils permettent d'évaluer globalement les enjeux de la non-qualité, mais ne peuvent pas être pris comme élément factuel pour chaque centre de tri.

Le tableau Excel d'évaluation est disponible sur demande pour que chaque centre de tri puisse faire ses propres simulations en tenant compte des données du centre de tri.

Estimation des impacts économiques sur les coûts d'exploitation (base 2022)

Données CDT	Données d'exploitation	Hypothèses	Données
Tri manuel sur process (coût trieurs pour extraire les aciers non conformes)	des aciers non conformes extraits manuellement dans le process	100 %	
	Nombre de trieurs par poste	0,57	
	Coût trieurs : base annuelle du poste de travail	42 000 €/an	47 644 €/an
Rondiers	% temps rondiers dus aux non-conformes pour limiter les pannes	5 %	
	Coût rondier : base annuelle du poste de travail	42 000 €/an	8 400 €/an
	Estimation en euro/tonne entrante CDT sur process, overband et presse à paquets	1,0 €/t	30 000 €/an
Incidences non conformes sur coût entretien maintenance (presse à paquets, overband, tapis)	Impact sur le taux d'utilisation (équivalent en heures/an)	1 %	
	Coût exploitation induits (en euro/tonne)	150,0 €/t	45 000 €/an
	Refus		
Incidences refus (taux de non-conformes mis en refus)	Écart entrée/sortie CDT à traiter (transport/ traitement)	180,00 €/t	39 204 €/an
Analyse globale exploitation			
TOTAL (euros/an)	Coût annuel estimé pour le CDT		170 248 €/an
TOTAL (en euro/tonne entrante)	Coût par tonne de CS entrante CDT		6 €/t
TOTAL (en euro/tonne acier)	Coût par tonne d'acier sortant CDT (expédié filière)		162 €/t

Estimation des impacts économiques sur les soutiens et recettes

Données CDT	Données d'exploitation	Hypothèses	
Aciérs imbriqués mis en refus			
Manque à gagner soutiens aciers imbriqués dans les refus (aciérs = 76 % ²)	Soutien 2023 en euros/tonne base annuelle	68 €/t	11 256 €/an
Manque à gagner recettes aciers imbriqués dans les refus	Recette en €/t en base annuelle	200 €/t	33 106 €/an
Autres matériaux dans imbriqués mis en refus			
Manque à gagner fibreux dans imbriqués (non-aciérs = 24 % ² x fibreux 50 %)	Pertes soutiens 2023 EO sur fibreux (moyenne)	198 €/t	5 175 €/an
	Pertes recettes filières sur fibreux (moyenne)	100 €/t	2 614 €/an
Manque à gagner plastiques dans imbriqués (non-aciérs = 24 % ² x plastiques 50 %)	Pertes soutiens 2023 EO sur plastiques (moyenne)	725 €/t	18 949 €/an
	Pertes recettes filières sur plastiques (moyenne)	100 €/t	2 614 €/an
Analyse globale exploitation			
TOTAL (euros/an)	Coût annuel estimé pour le centre de tri		73 712 €/an
TOTAL (en euro/tonne entrante)	Coût par tonne de CS entrante CDT		2 €/t
TOTAL (en euro/tonne acier)	Coût par tonne d'acier sortant CDT (expédié filière)		70 €/t

Avec ces hypothèses pour un centre de tri de 30 000 t/an, les coûts de non-qualité sont estimés autour de 8 €/t de collecte sélective entrante en centre de tri ou 232 €/t d'acier sortant.

² Données étude guide acier 2018 : les flux imbriqués contiennent en moyenne 76 % d'emballages acier et 24 % d'autres flux répartis 50 % fibreux et 50 % plastiques.

Leviers d'amélioration possibles

Leviers en amont des centres de tri

La collecte et les étapes de transport affectent directement la qualité des matériaux qui sont séparés dans les centres de tri. Une amélioration de la qualité des flux entrants résultera en une optimisation des coûts pour toute la chaîne de valeur. Les étapes de transfert et de transport affectent cette qualité et un suivi de ces étapes est nécessaire pour limiter ces impacts.

Cette étude ne comporte pas d'analyse de la communication réalisée par les collectivités et leurs groupements à destination des habitants, ni des taux de présentation et de remplissage des bacs et conteneurs présentés à la collecte. Il est à considérer cependant que ces deux thématiques, intervenant avant la prise en charge des contenants par les bennes de collecte restent des prérequis importants à ce qui va être décrit dans la suite de ce document.

En effet :

- ☞ une communication de qualité, récurrente, avec des visuels accessibles à tout public, relayée sur le terrain par la présence d'ambassadeurs de tri pour permettre une bonne appropriation par les habitants, est un point indispensable pour éviter les imbriqués maison tout en expliquant la notion d'emballage ménager;
- ☞ une vérification sur le terrain des taux de remplissage, des taux de présentation des bacs en fonction des fréquences de collecte mises en place sur les territoires, notamment en porte à porte, permet de s'assurer que les habitants ne soient pas obligés de compacter les emballages dans leur bac de collecte, créant ainsi des imbriqués et de la non-qualité dès cette étape.

Leviers en centres de tri

Il y a peu de contaminants libres et c'est donc principalement les imbriqués qui font que le flux acier sortant n'est pas aux prescriptions techniques particulières.

Il faut donc agir sur ces imbriqués à différents niveaux :

- ☞ en amont : cf. paragraphe précédent sur les étapes collecte;
- ☞ dans le process : écarter les flux imbriqués sur les tables de tri (pas de rebouchage...);
- ☞ en fin de process, avant mise en paquet : une des pistes reste la séparation des aciers non conformes (imbriqués et non emballages) avant la mise en paquets vidés et imbriqués.

À date, le broyage des paquets d'acier non qualitatif est le traitement complémentaire mis en place par la filière pour pallier ces problèmes de qualité et pour limiter les impacts pour le recycleur.

Cette option de retraitement ne peut être pérenne :

- ☞ par manque de capacité de broyage sur le territoire signifiant que l'entièreté du flux acier issu des centres de tri en France ne peut être traitée par broyage;
- ☞ compte tenu des coûts réels de ces opérations en forte hausse prenant en compte les coûts de broyage, du traitement des résidus non magnétiques de broyage par incinération ou enfouissement, et des transports additionnels.

Si cette option de retraitement réalisée sur l'acier issu de collecte sélective provenant des centres de tri et avant recyclage permet aujourd'hui de nettoyer l'acier des principaux polluants, elle ne peut cependant être considérée comme la solution d'avenir. En effet, les contraintes de cette option de traitement sont les suivantes :

- ☞ les capacités de broyage sur le territoire restent limitées pour un traitement généralisé du flux acier issu de collecte sélective ;
- ☞ la présence importante de polluants représente un risque industriel pour l'installation de traitement. En effet un taux élevé de polluants plastiques et papiers/ cartons, ainsi que de piles/batteries, cartouches de gaz/ protoxyde d'azote ou plus généralement d'objets imbrayables, peut causer des casses ou des départs de feu sur les équipements de traitement ;
- ☞ les résidus de broyage non magnétiques sont valorisés soit par incinération ou enfouissement, ce qui signifie une perte de matières à recycler pour certaines familles de matériaux ;
- ☞ enfin les coûts réels de ces opérations et des transports additionnels connaissent une augmentation régulière du fait de l'utilisation d'équipements énergivores et des hausses de la TGAP notamment, sans oublier le coût des assurances.

La performance de collecte et de tri de l'acier issu des centres de tri doit rester la priorité pour garantir la pérennité de la filière de recyclage, via l'atteinte des prérequis minimaux du standard et des prescriptions techniques particulières nécessaires à un recyclage direct en aciéries optimisé.

Les solutions possibles sont :

I. Contrôle manuel après captage par overband et avant conditionnement

Le contrôle manuel après captage par overband et avant conditionnement est une solution mise en place sur plusieurs centres de tri récemment modernisés pour pallier les problèmes de qualité.

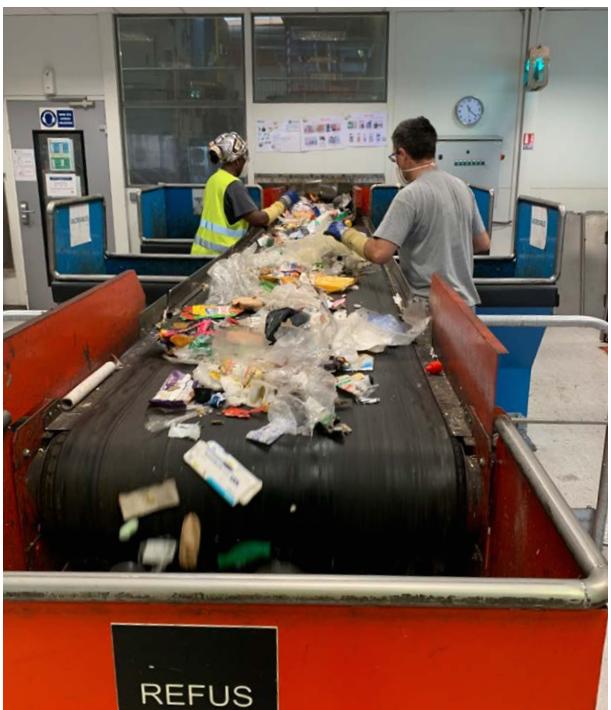
Cela nécessite de créer un poste de travail entre l'extraction des aciers par overband et la presse à paquets.

L'installation consiste en une table de tri manuel avec soit :

↪ table de tri spécifique pour l'acier avec tri en continu et présence d'un opérateur de tri à temps complet;

↪ table de tri pour l'acier associé avec un autre matériau sur la ligne des corps creux avec tri en séquentiel et présence d'un opérateur de tri partagé pour extraire les indésirables.

Le flux écarté doit également être stocké dans un conteneur spécifique afin d'être traité par broyage.



Avantages :

↪ contrôle du flux systématique permettant de garantir la qualité.

Inconvénients :

↪ coût d'investissement sur site existant (en particulier pour ramener le flux jusqu'à la cabine de tri) ;

↪ coût d'exploitation :

- en continu un opérateur/poste ;
- en séquentiel, suivant les tonnages passants et le process avec mutualisation des coûts entre différents flux matériaux.

Dans tous les cas, il est nécessaire de prévoir pour les flux imbriqués écartés un traitement par broyage de cette fraction uniquement.



Estimation des enjeux suivant solutions techniques

Centre de tri	Broyage extérieur	Cabine de contrôle qualité		Commentaires
		Tri manuel séquentiel	Tri manuel continu	
Tonnage annuel	30000	30 000	30 000	Capacité annuelle du centre de tri
Débit horaire en tonne/heure	10,0	10,0	10,0	Basé sur la capacité nominale
Part acier emballages y compris non conformes (%)	3,5 %	3,5 %	3,5 %	Moyenne des caractérisations du flux acier avant presse à paquets
Amortissement supplémentaire pour le surtri aciers		32 101 €	32 101 €	Investissement amorti sur sept ans (surtri manuel : 200 000 €)
Contrôle qualité manuel sur acier avant presse à paquets		28 000 €	84 000 €	Temps trieur pour extraire 10 % du flux (estimation) pour atteindre la qualité <ul style="list-style-type: none"> • Séquentiel : 1/3 trieur • Continu : un trieur/poste
Frais exploitation (entretien, maintenance, électricité...)		30 000 €	30 000 €	Entretien, maintenance des investissements supplémentaires
Filières				
Coût de broyage du flux non conforme	110 250 €	11 025 €	11 €	Coût broyage à 105 €/t (ajusté base 2022) Inclut traitement résidus (8 à 10 %) et pertes acier En surtri, base de 10 % de flux extraits envoyés en broyage
Surcoût de transport	16 800 €	1 680 €	1 680 €	400 €/voyage entre prestataire de broyage et acierie
TOTAL (euros/an)	110 250 €	102 806 €	158 806 €	Coût annuel estimé pour le CDT
TOTAL (en euro/tonne entrante)	3,70 €/t	3,40 €/t	5,30 €/t	Coût par tonne de CS entrante CDT
TOTAL (en euro/tonne acier)	105 €/t	98 €/t	151 €/t	Coût par tonne d'acier sortant CDT (expédié filière)

2. Solutions en développement : contrôle par capteur IA

D'autres solutions sont en cours de développement comme le contrôle qualité par intelligence artificielle (IA). Ces technologies d'identification sont basées sur la reconnaissance d'images, associée à une intelligence artificielle qui est capable de reconnaître les types d'emballages et de papiers, leur matériau, leur forme ou encore leur couleur.

Le **contrôle par IA avant conditionnement** est une solution en cours de développement sur plusieurs centres de tri et d'unités de recyclage pour différents matériaux (acier, plastiques, papiers...).

Une expérimentation avec ce type de capteur sur l'acier a été mise en place en 2022 sur un centre de tri. La caméra IA est installée au-dessus d'un convoyeur après captage par l'overband et contrôle avant la mise en paquets avec possibilité future de bypasser les erreurs (imbriqués, non aciers, non-emballages).

Ces technologies d'identification semblent simples à installer (pour la partie contrôle, cela nécessite au moins un convoyeur).

Le flux écarté doit également être stocké dans un conteneur spécifique afin d'être traité par broyage.

La gestion du flux imbriqués à écarter dépend de la configuration de chaque centre de tri.

Avantages :

↪ coût d'investissement d'identification limité suivant la configuration du site ;

↪ coût d'exploitation faible (abonnement et suivi) ;

↪ contrôle du flux en continu permettant de suivre et garantir la qualité.

Inconvénients :

↪ solutions en cours de développement ;

↪ intégration dans le process.

Conclusion

Les caractérisations menées ces dernières années par la filière acier ainsi que les suivis annuels de la qualité des matériaux de la responsabilité élargie du producteur emballages ménagers ont mis en avant une tendance à la dégradation de la qualité globale des emballages aciers produits par les centres de tri au niveau national, en particulier la présence d'imbriqués et d'acier non emballages. Si des facteurs locaux et territorialisés peuvent justifier certaines différences de qualité notamment au niveau de la collecte, il semble cependant que des points communs à tous les territoires puissent expliquer cette dégradation de la qualité du standard acier.

Le geste de tri de l'habitant est la première cause possible de non-qualité de l'acier.

La communication sur le geste de tri est à la charge des établissements publics de coopération intercommunale compétents en la matière. Une communication récurrente, régulière et rappelant les indésirables non-emballages ainsi que la nécessité de ne pas imbriquer les emballages à recycler reste une des étapes les plus importantes pour limiter au maximum les polluants arrivant dans les centres de tri et dans les filières de recyclage, tout élément entrant en



centre de tri ayant un coût technique et environnemental. Cette première action est **préventive aux problèmes des refus** de façon large, ainsi qu'aux surcoûts qu'ils génèrent pour toutes les parties prenantes dans les étapes de tri et de recyclage des emballages.

Les contrôles de qualité des flux de collecte sélective aux étapes de la collecte sont une deuxième étape pour limiter ces indésirables et imbriqués.

Les étapes de collecte (avec compactage en bennes) et celles de transfert avec ruptures de charge, qui permettent de densifier les flux transportés et donc d'en maîtriser les coûts, sont de nature à accentuer les imbriqués présents dans la collecte, voire à en créer de nouveaux. Même si les processus de centres de tri désimbriquent une partie des emballages lors des étapes de séparation granulométrique en début de processus, une part non négligeable d'emballages reste imbriquée, ce qui est plus particulièrement avéré pour les emballages en acier qui vont se pincer avec d'autres matériaux et les entraîner lors du captage par l'overband.

L'augmentation des imbriqués a une conséquence sur l'exploitation des centres de tri pour l'ensemble des matériaux et plus particulièrement pour l'acier :

- ☞ une charge en plus pour les agents de tri en cabine ;
- ☞ une captation d'indésirables accrue dans le flux d'acier avec un impact direct sur le non-respect des prescriptions techniques minimales pour ce flux ;
- ☞ une augmentation des problèmes sur le process avec des bourrages et arrêts sur les chaînes de tri ;
- ☞ une dégradation des outils de tri (convoyeur, presse à paquets) ;
- ☞ la perte d'emballages à recycler qui se retrouvent imbriqués avec d'autres matériaux ;
- ☞ une hausse des refus et de leurs coûts de traitement pour envoi vers des filières de traitement adéquates.



Certains impacts sont directement quantifiables sous forme de **surcoûts directs de tri** (augmentation de tonnages de refus), d'autres impacts sont plus difficilement appréciables, les **coûts induits** étant indirects (augmentation du nombre d'interventions de nettoyage ou de maintenance sur les machines).



Les collectivités et leurs exploitants subissent donc un impact économique de la présence d'indésirables et de la non-qualité des aciers sous forme de pertes de soutiens dans le cadre du contrat CAP, de pertes de revente matière, voire de refus de reprise par la filière de recyclage, mais aussi d'une hausse des coûts de traitement des refus.

Cette baisse de qualité affecte également économiquement la filière acier, avec des risques de dégradation des convertisseurs en aciérie (risques d'explosion), ce qui génère des impacts environnementaux importants. Les capacités existantes de retraitement par broyage peuvent retraiter une partie des aciers issus de centres de tri qui ne respectent pas le standard, mais ces capacités sont limitées et les coûts engendrés sont élevés.

Un certain nombre de solutions techniques existent pour maîtriser cette problématique : elles sont présentées dans ce document. Ces solutions sont complémentaires car ayant des niveaux de maturité mais également des parts pris différents en termes d'exploitation et de coûts.

Certaines solutions sont à activer lors de **travaux de construction ou de reconstruction** car structurellement plus lourdes, elles sont liées à des investissements réalisés moins fréquemment, lors d'opérations de grande importance (telles que par exemple la mise en place d'un poste de contrôle qualité en cabine de tri).

D'autres, privilégiant **l'ajout de personnel de tri** sur certaines tables de tri ou **via des solutions émergentes d'analyse par caméra** de la qualité des flux produits en différents endroits du processus, peuvent trouver une place dans le fonctionnement quotidien de l'exploitation.

Charge à chaque exploitant de trouver la solution qui lui convient le mieux, qui sera un bon compromis entre recherche de tonnages en plus à la qualité requise et maîtrise des dépenses de fonctionnement.

La solution pour une maîtrise de la qualité des aciers au niveau national est un enjeu collectif : chacun doit intervenir directement sur son champ de compétence pour permettre un recyclage effectif, à coûts maîtrisés, des tonnes d'aciers d'emballages respectant les critères du standard.

Annexe

Annexe I : Exemple de grille de caractérisation

Date de la caractérisation	Échantillonnage du	26 Juillet 2023
Détails des caractérisations overband	Flux capté par l'overband	
	Poids en kg	%
Emballages acier vidés	47,55	59,13 %
Aérosols	4,76	5,92 %
Canettes en acier	8,74	10,87 %
Tonnelets	0,00	0,00 %
Emballages acier dans imbriqués	9,56	11,89 %
S/T emballages acier	70,61	87,80 %
Autres éléments acier	8,72	10,84 %
Aluminums	0,02	0,02 %
Emballages plastique souple (films, sacs)	0,67	0,83 %
Emballages plastique rigide (barquettes, pots de yaourt)	0,33	0,41 %
Emballages carton + papier	0,08	0,09 %
Autres (boîte carton fond acier)	0,00	0,00 %
Piles	0,00	0,00 %
Cartouches soda	0,00	0,00 %
Refus plastique	0,00	0,00 %
Refus fines	0,00	0,00 %
S/T non-acier	9,81	12,20 %
Total	80,42	100 %

Glossaire

A

ACIER

Déchets d'emballages ménagers en acier, pressé en paquets ou en balles, présentant une teneur en métal magnétique minimale de 88 % et contenant 5 % d'humidité au maximum.

ACIER NON EMBALLAGE

Objet en partie en acier qui ne rentre pas dans les consignes de tri données aux habitants pour un dépôt dans le flux de collecte sélective.

B

BALLE

Les déchets sont comprimés en forme de cubes, ligaturés puis éjectés. Dans les centres de tri, les déchets, une fois triés, sont compactés par une presse, sous forme de cubes de dimensions constantes.

BENNE À ORDURES MÉNAGÈRES (BOM)

Véhicule utilisé pour la collecte et le transport des déchets tels que les ordures ménagères et la collecte sélective des emballages et des papiers.

BYPASS

Opération qui consiste à isoler ou court-circuiter une partie du process de tri pour orienter la matière souhaitée vers une autre partie du process ou pour la prélever en vue d'une caractérisation à venir.

C

CARACTÉRISATION

L'ensemble des opérations que peut subir un déchet permettant de définir son état, sa composition, son comportement et son évolution.

CENTRE DE TRI DES DÉCHETS MÉNAGERS

Installation dans laquelle les déchets recyclables collectés sont rassemblés pour être triés par matériaux. Ces matériaux sont conditionnés en balles ou en vrac pour être revendus aux recycleurs.

CENTRE DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

Usine d'incinération d'ordures ménagères qui utilise

le pouvoir calorifique des déchets en les brûlant afin de récupérer cette énergie sous forme de chaleur ou d'électricité. Ces installations doivent respecter une performance énergétique minimale de 0,6, définie selon les normes réglementaires en vigueur.

COLLECTE

Les opérations de collecte consistent au ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets. L'opération de collecte débute lorsque le service d'enlèvement (que ce soit le service public d'enlèvement ou le prestataire d'une entreprise) prend en charge les déchets.

CONTRAT ACTION PERFORMANCE

Contrat pour l'amélioration de la performance relatif à la REP emballages ménagers entre les collectivités et Citeo sur la période 2018/2023.

CORPS CREUX

Flux composé de tous les emballages dont le comportement est celui d'un emballage qui rebondit dans le process de tri : on y retrouve les emballages plastique, les emballages métalliques et les emballages en papier carton complexé essentiellement.

CORPS PLATS

Flux composé de tous les emballages dont le comportement est celui d'un emballage qui ne rebondit pas dans le process de tri : on y retrouve les emballages en carton non complexé, les papiers, éventuellement les emballages souples s'ils n'ont pas encore été isolés.

COURANT DE FOUCAULT

Machine de tri permettant la séparation par éjection des emballages métalliques non ferreux (aluminium essentiellement) des autres emballages, y compris des emballages ferreux.

E

EMBALLAGES

Toute forme de contenants ou de supports destinés à contenir un produit, en faciliter le transport ou la présentation à la vente.

EXTENSION DES CONSIGNES DE TRI

Élargissement des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques, aussi appelée simplification du geste de tri. L'objectif est d'augmenter leur taux de

recyclage, grâce au tri des pots, barquettes et films plastiques mais également grâce à l'effet d'entraînement sur les bouteilles et flacons en plastique.



FIBREUX

Ensemble des matériaux composés de cellulose : papiers, journaux-revues-magazines et cartons non complexés.



GRANULOMÉTRIE

Classement des emballages en fonction de leurs dimensions et tailles dans le process de tri.



IMBRIQUÉ

Sont considérés comme imbriqués des emballages qui se retrouvent encastrés, emboîtés les uns dans les autres par le fait des habitants ou des opérations de collecte et de transport. On parle ainsi d'imbriqués maison ou habitants et d'imbriqués collecte.

INDÉSIRABLE

Sont considérés comme perturbateurs du recyclage ou indésirables les objets et déchets d'emballage ou de papier dont la présence dans un flux de déchets d'emballages recyclables perturbe leur collecte et/ou leur tri et/ou leur recyclage. Ils sont isolés dans un flux en sortie de centre de tri pour traitement autre que du recyclage (incinération ou enfouissement). On parle également de refus.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Théories et techniques mises en œuvre dans l'optique de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine.



NON-QUALITÉ

La non-qualité est l'écart entre la composition du matériau attendue dans les balles de collecte sélective et la composition réelle.



OVERBAND

Séparateur magnétique suspendu qui, grâce à un aimant permanent, permet de récupérer les métaux ferreux présents dans les produits issus de la collecte sélective.



PAPIERS GRAPHIQUES

Terme utilisé pour désigner les déchets d'imprimés papiers et de papiers à usage graphique destinés à être imprimés.

PLASTIQUES

Ce sont les emballages collectés et triés dont le matériau principal est un type de plastique (PET, PEHD, PP, PS...).

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES MINIMALES

Ensemble de critères techniques des matériaux, à respecter et définis par les filières de matériaux.

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES PARTICULIÈRES

Les PTP définissent les exigences de qualité, le conditionnement, les conditions d'enlèvement et les modalités de réception (contrôle et gestion des litiges), la traçabilité pour un matériau d'emballage.

PRESSE À BALLES

Matériel permettant le compactage des déchets triés précédemment dans le centre de tri et présentant les déchets sous forme de balles.

PRESSE À PAQUETS

Matériel permettant le compactage des déchets triés précédemment dans le centre de tri et présentant les déchets sous forme de paquets. Utilisée essentiellement pour les aciers.



RECYCLEUR

Quiconque utilise le déchet d'emballages ménagers ou de papier dans un processus d'utilisation finale.

REFUS

Voir indésirable.

RESPONSABILITÉ ELARGIE DU PRODUCTEUR

Dans le cadre de la REP, les fabricants, distributeurs pour les produits de leurs propres marques, importateurs, qui mettent sur le marché des produits générant des déchets, doivent prendre en charge, notamment financièrement, la gestion de ces déchets.



STANDARDS MATÉRIAUX

Les standards de déchets d'emballages ménagers et de papiers graphiques décrivent les caractéristiques générales de la composition et de la qualité (nombre de flux, teneur limite d'humidité et d'impuretés) et, dans certains cas, du conditionnement (vrac, balles ou paquets) des déchets d'emballages ménagers collectés et triés en vue de leur recyclage.



TRANSFERT

Opération qui consiste, après collecte de déchets, à les déposer sur une plateforme en vue d'être regroupés puis repris pour être acheminés vers leur site de traitement (par exemple le centre de tri). L'étape de transfert induit une rupture de charge.

TRANSPORT

Opération qui consiste à transporter les déchets d'un endroit à un autre (site de transfert à centre de tri par exemple).

TRI MANUEL

Opération qui permet de séparer par catégorie des matériaux qui défilent sur une table de tri par des opérateurs de tri dans un centre de tri.

TRI MÉCANISÉ

Tri automatisé réalisé par des machines dans un centre de tri.

TRI OPTIQUE

Le tri optique est une machine qui permet de trier différents produits en fonction de leurs compositions grâce au traitement des longueurs d'ondes de la lumière.

ACRONYMES

AMF

ArcelorMittal France

BOM

Benne à ordures ménagères

CAP

Contrat pour l'action à la performance

CDT

Centre de tri

ECT

Extension des consignes de tri

EO

Éco-organisme

JRM

Journaux-revues-magazines

PTP

Prescriptions techniques particulières

PTM

Prescriptions techniques minimales

REP

Responsabilité élargie du producteur



Tous les papiers se trient et se recyclent,
ce document aussi !



Donnons ensemble une
nouvelle vie à nos produits.

www.citeo.com