

ICV de la gestion en fin de vie des matériaux constitutifs des équipements électriques et électroniques dans le cadre de la filière agréée des DEEE

Synthèse méthodologique

V2.0. Juin 2018

TABLE DES MATIERES

SYNTHESE DES POINTS CLEFS	9
TABLEAUX	17
FIGURES	18
OBJECTIFS DES TRAVAUX	19
<hr/>	
A. ASPECTS GENERAUX	19
<hr/>	
A.1 Commanditaires.....	19
A.1.1 ESR	19
A.1.2 Ademe	19
A.2 Réalisateur.....	20
A.3 Gestion du projet	20
B. OBJECTIFS DES TRAVAUX	21
<hr/>	
B.1 Origine des travaux	21
B.2 Objectifs des travaux.....	21
B.3 Référentiels normatifs.....	22
B.4 Contexte décisionnel et applications envisagées	22
B.5 Public concerné.....	24
B.6 Livrables externes diffusés publiquement	24
B.7 Livrables internes confidentiels	24
B.8 Date d'édition de la synthèse méthodologique	25
CHAMP DE L'ETUDE	26
<hr/>	
C. SYSTEMES ETUDIES	27
<hr/>	
C.1 Gestion des DEEE dans le cadre de la filière agréée	27
C.2 Exclusion de la gestion hors filière	28
C.3 Flux de DEEE couverts par les travaux et flux de DEEE exclus des travaux.....	29
C.3.1 Flux couverts	29
C.3.2 Flux exclus	30
C.4 Granularité objet.....	30

D. IDENTIFICATION DES MATERIAUX A ETUDIER	31
E. UNITE FONCTIONNELLE ET FLUX DE REFERENCE	32
E.1 Unité fonctionnelle	32
E.2 Flux de référence	33
F. FRONTIERES DU SYSTEME	34
F.1 Cas général	34
F.2 Cas particulier des gaz réfrigérants et de l'huile des GEMF et des DEEE professionnels froid et cas du mercure contenu dans les tubes des T&L et les tubes des ECRANS	36
F.3 Généralités sur les inclusions	38
F.4 Généralités sur les exclusions	38
F.5 Production d'électricité	38
G. CRITERES DE COUPURE	40
H. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	41
I. ANALYSE DE SENSIBILITE POUR L'AFFINAGE DES FRONTIERES DU SYSTEME	43
J. EXIGENCES RELATIVES A LA QUALITE DES DONNEES	43
INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE	48
K. ORGANISATION DE LA SECTION	48
K.1 Contenu de la présentation détaillée par étapes	48
K.2 Focus sur la démarche de validation des données	48
L. LOGISTIQUE AMONT	49
L.1 Données d'activité	50
L.2 Traitement des données/éléments de méthode	52
L.2.1 Traitement des données	52
L.2.2 Affectation	52
L.3 Données d'inventaire d'arrière-plan	53

L.4	Qualité des données et adéquation vis-à-vis des exigences.....	53
<hr/>		
M.	TRAITEMENT PAR LES OPERATEURS DE RANG 1	54
<hr/>		
M.1	Données d'activité	55
M.1.1	Intrants énergétiques et matériels, émissions spécifiques	55
M.1.2	Distribution des matériaux dans les différentes fractions	59
M.2	Traitement des données/éléments de méthode	61
M.2.1	Traitement des données	61
M.2.2	Affectation	63
M.3	Données d'inventaire d'arrière-plan	63
M.4	Qualité des données et adéquation aux exigences	64
<hr/>		
N.	TRANSPORT ENTRE LES OPERATEURS DE RANG 1 ET DE RANG 2	65
<hr/>		
N.1	Données d'activité	65
N.2	Traitement des données/éléments de méthode	66
N.2.1	Traitement des données	66
N.2.2	Affectation	66
N.3	Données d'inventaire d'arrière-plan	66
N.4	Qualité des données et adéquation aux exigences	67
<hr/>		
O.	OPERATIONS DE RANG 2 ET ULTERIEURES ET OPERATIONS DE TRANSPORT JUSQU' AUX DESTINATIONS FINALES	67
<hr/>		
O.1	Données d'activité	68
O.1.1	Description des opérations de rang 2 et ultérieures jusqu'aux destinations finales	68
O.1.2	Distribution des matériaux dans les différentes sous-fractions produites par les opérateurs de traitement de rang 2 et ultérieurs	72
O.1.3	Intrants énergétiques et matériels, émissions spécifiques des opérateurs de traitement de rang 2 et ultérieurs	73
O.1.4	Intrants énergétiques et matériels, émissions spécifiques des opérations de transport aval aux opérateurs de rang 2	74
O.2	Traitement des données/éléments de méthode	75
O.2.1	Traitement des données	75
O.2.2	Éléments de méthode	76
O.3	Données d'inventaire d'arrière-plan	76
O.4	Qualité des données et adéquation aux exigences	76

P. DESTINATIONS FINALES	77
P.1 Enjeux clefs de modélisation.....	77
P.1.1 Modélisation spécifique du comportement des matériaux/composants étudiés dans les différentes destinations finales	77
P.1.2 Déclinaison des ICV avec et sans prise en compte des bénéfices apportés par les effets de substitution	80
P.2 Données d'inventaire	80
P.3 Qualité des données et adéquation aux exigences	82
Q. CAS PARTICULIER DES DEEE PROFESSIONNELS FROID : MISE EN ŒUVRE D'UNE DEMARCHE SIMPLIFIEE	83
R. APPRECIATION DE LA QUALITE DES DONNEES AU REGARD DES ATTENTES DU PEF	87
POSITIONNEMENT DES TRAVAUX PAR RAPPORT A LA CIRCULAR FOOTPRINT FORMULA	90
S. RAPPEL SUR LA CFF	90
T. POSITIONNEMENT DES TRAVAUX PAR RAPPORT A LA CFF	91
T.1 Périmètre.....	91
T.2 Paramètres	93
T.2.1 Paramètres d'allocation A et B	93
T.2.2 Taux de recyclage R2	94
T.2.3 Ratio de qualité Q_{sout}/Q_p	95
T.2.4 Point de substitution	96
T.2.5 Calcul des émissions spécifiques et ressources consommées par le procédé de recyclage $E_{recyclingEoL}$ (de valorisation énergétique E_{ER} et d'élimination E_D)	96
T.3 Déclinaison des ICV avec et sans prise en compte des bénéfices apportés par les effets de substitution.....	98
U. MISE EN ŒUVRE DE LA CFF POUR DES PRODUITS COMPLEXES – ENSEIGNEMENTS DES TRAVAUX	99
U.1 Diversité des procédés de recyclage, diversité des procédés de valorisation énergétique et diversité des procédés d'élimination.....	99
U.2 Arborescence de différents opérateurs de traitement/séparation et transports intermédiaires.....	100
LIMITES DES TRAVAUX	103
REVUE CRITIQUE	108

BIBLIOGRAPHIE	114
CONTRIBUTEURS	115

GLOSSAIRE

ACV	Analyse du cycle de vie
Affectation	Imputation des flux entrant ou sortant d'un processus ou d'un système de produits entre le système de produits étudié et un ou plusieurs autres systèmes de produits.
BAES	Blocs autonomes d'éclairage de sécurité
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylène, Xylène
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CFC	Chlorofluorocarbures
CFF	Circular Footprint Formula
CRT	Cathode Ray Tube (technologie d'écrans)
CSR	Combustible solide de récupération
DEEE	Déchets d'équipement électrique et électronique
DNM	Data Need Matrix
DOM/TOM	Département d'Outre-Mer, Territoire d'Outre-Mer
HC	Hydrocarbures
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HFC	Hydrofluorocarbures
GEMF	Gros électroménager froid
GEMHF	Gros électroménager hors froid
ICV	Inventaire du cycle de vie
ILCD	International Reference Life Cycle Data System
ISDND	Installation de stockage de déchets non dangereux
ISDD	Installation de stockage de déchets dangereux
JRC	Join Research Center
LCDN	Life Cycle Data Network
PAM	Petits appareils en mélange

PEF	Product Environmental Footprint
PEP Bât & Med	Petits équipements professionnels du bâtiment et du médical
PEP Ecopassport®	Programme de déclaration des impacts environnementaux des produits électriques, électroniques et de génie climatique
PL	Poids Lourds
STEP	Station d'épuration
T&L	Tubes et lampes
UIOM	Usine d'incinération d'ordures ménagères
UIDD	Usine d'incinération de déchets dangereux

SYNTHESE DES POINTS CLEFS

OBJECTIFS

[Objectifs 1 Commanditaires] ► Les travaux ont été commandités par ESR	19
[Objectifs 2 Cofinancement] ► Les travaux ont bénéficié d'un cofinancement de la part de l'Ademe dans le cadre de sa démarche de coproduction de nouveaux jeux de données d'inventaires au travers de partenariats.	19
[Objectifs3 Réalisateur] ► Les travaux ont été conduits par Bleu Safran, avec la collaboration d'Hélène Cruyppenninck sur la modélisation des destinations finales	20
[Objectifs 4 Durée] ► Le projet s'est organisé en plusieurs phases de travail entre 2014 et 2018	20
[Objectifs 5 Copil] ► La conduite des travaux a bénéficié de l'éclairage et des recommandations d'un Comité de Pilotage réunissant des experts de l'Ademe, d'Eco-systèmes et de Récylum (puis d'ESR).....	20
[Objectifs 6 Origine des travaux] ► Lors du démarrage des travaux en 2014, les données disponibles dans les bases de données/ les outils ACV ne permettaient pas de modéliser la gestion en fin de vie des équipements électriques et électroniques.....	21
[Objectifs 7 Objectif des travaux] ► Mettre à disposition des adhérents d'ESR, et plus largement des praticiens ACV intéressés, des données d'ICV , répondant aux exigences des normes ISO 14040 :2006 [1] et ISO 14044 :2006 [2] et aux exigences « entry level » de l'ILCD [3], leur permettant de modéliser la fin de vie des produits électriques et électroniques mis sur le marché français	21
[Objectifs 8 Objectif des travaux] ► Différencier les ICV selon des critères d'éco-conception lorsque c'est pertinent	22
[Objectifs 9 Objectif des travaux] ► Inscrire ces travaux dans la durée et pouvoir actualiser les données publiées ...	22
[Objectifs 10 Objectif des travaux] ► Le travail conduit vise à satisfaire les exigences des normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 :2006 ainsi que les exigences « entry level » de l'ILCD	22
[Objectifs 11 Contexte décisionnel] ► En se référant à la typologie ILCD, le contexte décisionnel de production de ces données est celui d'une comptabilisation avec intégration des interactions (C1) et celui d'une comptabilisation sans intégration des interactions (C2)	22
[Objectifs 12 Applications envisagées] ► Les applications envisagées sont : (i) priorité 1 : aide à l'éco-conception, (ii) priorité 2 : études ACV comparatives ou non comparatives, déclarations environnementales produits de type PEP Ecopassport ®, affichage environnemental (via l'intégration des ICV dans la Base IMPACTS® de l'Ademe).....	23
[Objectifs 13 Public externe] ► Ces travaux sont destinés aux praticiens ACV des adhérents d'ESR et plus largement aux praticiens ACV concernés par la gestion des DEEE	24
[Objectifs 14 Livrables externes] ► Trois types de livrables sont publiquement diffusés à l'issue des travaux : 1/ les données ICV au format ILCD et system (<i>LCI results</i>) satisfaisant les normes ISO 14040 :2006 et ISO 14044 : 2006 ainsi que les exigences <i>Entry Level</i> du référentiel ILCD ; 2/ une synthèse méthodologique ; 3/ un guide d'utilisation des données.....	24
[Objectifs 15 Livrables internes] ► Des livrables – internes et confidentiels – ont été élaborés tout au long du projet afin d'assurer la traçabilité du travail, sa reproductibilité et sa pérennité dans le temps	24

CHAMP DE L'ETUDE

[Champ de l'étude 1 Gestion dans le cadre de la filière agréée] ► L'étude vise à représenter la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) dans le cadre de la filière agréée, telle qu'elle est mise en œuvre par ESR (cf. § A.1) dans le cadre de son agrément par les pouvoirs publics, en application de la Responsabilité Elargie des Producteurs (REP) issue de la Directive 2012/19/UE.....	27
--	----

[Champ de l'étude 2 Gestion hors filière exclue] ► La fin de vie des EEE telle qu'elle se déroule hors de la filière est exclue du périmètre des travaux.....	28
[Champ de l'étude 3 Flux de DEEE couverts] ► Lot 1 : 5 flux de DEEE ménagers – Tubes & Lampes, GEMF, PAM, GEMHF et Ecrans Plats – et 2 flux de DEEE professionnels – BAES et PEP bâtiment & médical ; Lot 2 : 8 flux de DEEE professionnels – GEP&Mobiles bâtiment & médical, Luminaires, Onduleurs, Moteurs industriels, Fontaines à eau, Froid commercial, climatisation rooftop et petites unités de climatisation	29
[Champ de l'étude 4 Flux de DEEE exclus] ► Concernant les flux de DEEE ménagers, les écrans CRT, qui ne sont plus mis sur le marché, sont exclus du périmètre des travaux. Dans le cas des T&L, les lampes à arc court au xénon et au mercure, sont également exclus des travaux.	30
[Champ de l'étude 5 Granularité objet] ► Les ICV sont établis à l'échelle d'un couple matériau/flux de DEEE	30
[Champ de l'étude 6 Unité Fonctionnelle] ► Assurer la gestion en fin de vie dans le cadre de la filière d'un kilogramme du matériau étudié appartenant à la catégorie de DEEE étudiée, depuis les points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge de cette catégorie de DEEE jusqu'aux destinations finales qui sont atteintes par ce matériau.	32
[Champ de l'étude 7 Flux de référence] ► Le flux de référence est défini comme un kilogramme de matériau étudié appartenant à la catégorie de DEEE étudiée ; ce kilogramme est mesuré aux points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge de cette catégorie de DEEE	33
[Champ de l'étude 8 Frontières ✕ Cas général] ► Le système de gestion en fin de vie d'un couple matériau/flux de DEEE étudié couvre l'intégralité des opérations de transport et de traitement entre les points d'enlèvement de ce flux de DEEE et l'éventail des destinations finales atteintes par le matériau étudié compte tenu des modalités de traitement de ce flux de DEEE.....	34
[Champ de l'étude 9 Frontières ✕ Cas spécifiques] ► Dans le cas particulier des gaz réfrigérants et de l'huile des GEMF et des DEEE professionnels froid, ainsi que du mercure contenu dans les tubes et les lampes CFL des T&L et dans les tubes des Ecrans plats, les frontières du système intègrent également le devenir des pertes survenant en amont de l'entrée chez les opérateurs de rang 1	36
[Champ de l'étude 10 Frontières ✕ Cas spécifiques & flux de référence] ► La comptabilisation des pertes amont a été faite comme si ces pertes survenaient entre les points d'enlèvement et les opérateurs de rang 1 ; le flux de référence n'est donc pas modifié par l'intégration des pertes amont.....	37
[Champ de l'étude 11 Frontières, inclusions] ► Les intrants et les extrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions élémentaires directes ont été comptabilisés pour chacune des étapes de premier plan de la gestion des flux de DEEE étudiés.....	38
[Champ de l'étude 12 Frontières, exclusion] ► Les trajets réalisés par les particuliers, ou par d'autres acteurs, en amont des points d'enlèvement sont exclus des frontières	38
[Champ de l'étude 13 Frontières, exclusion] ► Les infrastructures sont exclues des frontières	38
[Champ de l'étude 14 Frontières, production d'électricité] ► La modélisation de l'électricité qui est consommée par les étapes de premier plan est conduite de manière aussi spécifique que possible compte tenu du niveau de visibilité concernant la localisation des différentes opérations successives	38
[Champ de l'étude 15 Frontières, critères de coupure] ► Aucun critère de coupure n'a été mis en œuvre dans l'étude des étapes de premier plan de la gestion des DEEE. Toutes les fractions produites à l'issue du traitement de rang 1 des DEEE et les émissions spécifiques et ressources consommées à chacune des étapes de la gestion des DEEE ont notamment été prises en compte.	40
[Champ de l'étude 16 Critères de coupure ✕ Etudes des fractions] ► Aucun critère de coupure n'a été appliqué en ce qui concerne la prise en compte des fractions produites par les opérateurs de rang 1 ; la composition et la gestion des fractions, mêmes les plus minimales, ont été étudiées	54
[Champ de l'étude 17 Traitement de rang 1 ✕ Exclusion] ► La consommation d'eau pour usage sanitaire par les opérateurs de traitement de rang 1 a été exclue des frontières du système	59
[Champ de l'étude 18 Frontières ✕ Destinations finales] ► Lorsque pertinent, les ICV de gestion en fin de vie des matériaux/composants constitutifs des équipements électriques et électroniques sont déclinés selon deux modalités de comptabilisation des destinations finales : 1/ Avec bénéfiques : les impacts associés au comportement du	

matériau/composant dans les destinations finales qu'ils atteignent et les bénéfices apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique sont comptabilisés ; 2/ Sans bénéfices : seuls les impacts associés au comportement du matériau/composant dans les destinations finales qu'ils atteignent sont comptabilisés ; les bénéfices apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique ne sont pas pris en compte. 80

INVENTAIRE ✕ ENJEUX DE MODELISATION PAR ETAPES

[Enjeu Clef de Modélisation 1] **Identification des matériaux à étudier**] ► Etablir pour chacune des catégories de DEEE étudiées la liste des matériaux prioritaires. Des lacunes dans les données accessibles ont toutefois conduit à ne pas étudier quelques matériaux spécifiques de certains flux professionnels. 31

[Enjeu Clef de Modélisation 2] **Logistique amont**] ► Etablir une description quantifiée du déroulement de la logistique amont en termes de distances parcourues, de modes de transport, de gabarits de PL et de leur taux de charge dans le cas du transport routier 49

[Enjeu Clef de Modélisation 3] **Traitement de rang 1**] ► Les deux enjeux clefs de cette étape sont : 1/quantifier les intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions spécifiques dans l'environnement associées au traitement de rang 1 ; 2/quantifier la façon dont chacun des matériaux étudiés se distribue entre les différentes fractions qui sortent du traitement rang 1 54

[Enjeu Clef de Modélisation 4] **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2**] ► Etablir une description quantifiée rendant compte des points clés de modélisation relatifs au transport (ex : distances parcourues, des modes de transport, taux de charge des PL dans le cas du transport routier) 65

[Enjeu Clef de Modélisation 5] **Autres opérations de traitement et de transport préalables aux destinations finales**] ► La succession des éventuelles opérations intermédiaires de traitement et de transport entre le rang 1 et les destinations finales des fractions doit être établie. Pour chaque opération de traitement intermédiaire, il convient alors de quantifier les intrants et les émissions qui lui sont propres et de rendre compte du devenir des matériaux à l'issue du traitement. 68

[Enjeu Clef de Modélisation 6] **Destinations finales**] ► Deux enjeux clefs ont été identifiés pour cette étape : 1/ modéliser le comportement des matériaux/composants étudiés dans les différentes destinations finales qu'ils atteignent de manière aussi spécifique que possible ; 2/ décliner la modélisation du comportement des matériaux/composants étudiés dans les différentes destinations finales avec et sans prise en compte des bénéfices apportés par les effets de substitution 77

[Enjeu Clef de Modélisation 7] **Démarche générale mise en œuvre pour les DEEE professionnels**] ► Pour les DEEE professionnels froid, une démarche simplifiée a été mise en œuvre en capitalisant sur les travaux conduits pour les DEEE ménagers. Ainsi, les données établies pour les flux ménagers ont servi de base de travail. 83

[Enjeu Clef de Modélisation 8] **Destinations finales des matériaux étudiés**] ► Pour les DEEE professionnels froid, la mise en œuvre de la démarche simplifiée a tout d'abord nécessité d'identifier les lignes de traitement utilisées par les opérateurs pour ces équipements. Elle a également impliqué de tenir compte de certaines spécificités de traitement des DEEE professionnels en comparaison du traitement des flux ménagers. 83

INVENTAIRE ✕ DONNEES

[Données 1] **Principales données d'activité ✕ Démarche de validation**] ► Diverses procédures de validation des données permettant d'établir les destinations finales des matériaux et les étapes successives à considérer entre le rang 1 et ces destinations finales ont été mises en œuvre 48

LOGISTIQUE AMONT

[Données 2] **Logistique amont ✕ Nature des données d'activité**] ► Tonnage en jeu, distances, gabarit des PL, taux de charge, taux de retour à vide, modalités de conditionnement 50

[Données 3] **Logistique amont ✕ Hypothèses**] ► Dans le cas des DEEE ménagers, de rares hypothèses ont été nécessaires pour pallier l'absence de quelques données d'activité ; ces hypothèses portent sur des aspects non critiques. 50

[Données 4 | **Logistique amont** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Données internes ESR et données recueillies par entretiens auprès des gestionnaires de déchets ; les données exploitées couvrent près de 100 % des tonnages collectés par ESR ou par les gestionnaires de déchets ; les données sont représentatives de 2014, de 2015, de 2016 ou de 2017 selon les flux de DEEE étudiés. 51

[Données 5 | **Logistique amont** ✕ **Traitement des données**] ► Le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide 52

[Données 6 | **Logistique amont** ✕ **Affectation massique**] ► Pour les étapes communes à plusieurs flux de DEEE, une affectation massique des impacts est réalisée entre les flux..... 52

[Données 7 | **Logistique amont** ✕ **Affectation massique**] ► Les impacts associés à la logistique amont d'une catégorie de DEEE donnée sont affectés de manière massique entre les matériaux constitutifs de cette catégorie de DEEE..... 52

[Données 8 | **Logistique amont** ✕ **Source des données d'inventaire d'arrière-plan**] ► Les données d'inventaire d'arrière-plan sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off..... 53

TRAITEMENT DE RANG 1

[Données 9 | **Traitement de rang 1** ✕ **Nature des données d'activité**] ► Nature et quantité des intrants énergétiques, nature et quantité des autres intrants matériels, émissions spécifiques..... 55

[Données 10 | **Traitement de rang 1** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Les données de consommation d'intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions – sauf pour les gaz réfrigérants et les gaz d'expansion émis par les opérateurs de traitement des GEMF et le Hg émis par les opérateurs de traitement des T&L – ont été collectées par questionnaire auprès des opérateurs ; selon le flux de DEEE, les données exploitées couvrent entre 45 % et 100 % des tonnages traités par les opérateurs travaillant pour ESR et reflètent la diversité des principales technologies de traitement utilisées en Europe ; selon le flux de DEEE, les données sont représentatives de 2014, de 2015 ou de 2016. 56

[Données 11 | **Traitement de rang 1** ✕ **Hypothèses**] ► Dans le cas de la consommation d'huile et des émissions fugitives de poussières, la moyenne arithmétique des données collectées a été appliquée pour combler les lacunes générées par l'absence de réponses. Pour les luminaires orientés vers un traitement mécanisé, en l'absence de données spécifiques disponibles, ces données ont été approximées par celles des PEP MED&BAT. 58

[Données 12 | **Traitement de rang 1** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Les résultats de tests de performance normalisés conduits en 2012 ou 2013 chez les opérateurs de traitement de GEMF ont permis d'établir les émissions fugitives de gaz réfrigérant et de gaz d'expansion générées..... 59

[Données 13 | **Traitement de rang 1** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Les résultats de rapports de contrôle réalisés en 2012 ou en 2014 ont permis d'estimer les émissions fugitives de mercure chez les opérateurs de traitement des T&L. 59

[Données 14 | **Traitement de rang 1** ✕ **Nature des données d'activité**] ► Pour chaque flux de DEEE, tonnage et composition des fractions produites à l'issue du traitement par les opérateurs de rang 1 59

[Données 15 | **Traitement de rang 1** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Pour chaque flux de DEEE étudié, le tonnage annuel de chaque fraction produite à l'issue du traitement de rang 1 est caractérisé et connu pour chacun des opérateurs pris en compte. Selon les flux étudiés, les données sont représentatives de 2014, de 2015 ou 2016. 60

[Données 16 | **Traitement de rang 1** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Pour chaque flux de DEEE étudié, la composition des fractions a été établie via des données d'analyse interne à ESR et des données recueillies par questionnaire auprès des opérateurs, ces dernières pouvant correspondre à des analyses ou à des avis experts de la part de l'opérateur. Ces données sont considérées comme représentatives de la période étudiée, soit 2014, 2015, 2016 ou 2017 selon les flux. 61

[Données 17 | **Traitement de rang 1** ✕ **Traitement des données**] ► En partant de données détaillées relatives au tonnage des fractions produites par chaque opérateur en sortie de rang 1 et de la composition de ces fractions, le calcul de la distribution de chacun des matériaux étudiés a été consolidé à l'échelle de chaque catégorie de DEEE ; c'est cette distribution consolidée qui est exploitée au niveau du modèle développé sous Simapro 62

[Données 18 | **Traitement de rang 1** ✕ **Analyse critique des données**] ► Pour chaque flux de DEEE ménager, une analyse critique de la plausibilité des données relatives aux fractions a été conduite en rapprochant la composition de ce flux

telle que calculée à partir du tonnage et de la composition des fractions et la composition de ce flux telle que connue à partir d'autres sources. 62

[Données 19| **Traitement de rang 1** ✕ **Affectation**] ► Dans le cas de sites traitant plusieurs catégories de DEEE, les intrants, autres que l'azote et les charbons actifs, associés au traitement de rang 1 sont affectés de manière massique entre les différentes catégories ; dans le cas particulier de l'azote et des charbons actifs, ces intrants ont été affectés spécifiquement aux catégories qui mettent en jeu ces intrants. 63

[Données 20| **Traitement de rang 1** ✕ **Affectation**] ► Les intrants associés au traitement de rang 1 d'une catégorie de DEEE donnée sont affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette catégorie. Les émissions de poussières sont affectées massivement entre les différents matériaux sauf dans le cas du béton et du verre des GEMHF auxquels est spécifiquement affecté le différentiel moyen observé entre les émissions de poussières du GEMHF et du PAM. 63

[Données 21| **Traitement de rang 1** ✕ **Source des données d'inventaire d'arrière-plan**] ► Les données d'inventaire d'arrière-plan sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off à l'exception de l'inventaire de l'électricité pour la France. Le mix électrique est spécifique au pays dans lequel est localisé chacun des opérateurs. 63

[Données 22| **Traitement de rang 1** ✕ **Source des données d'inventaire d'arrière-plan**] ► Dans le cas des métaux, les émissions de poussières sont modélisées par des émissions de particules du métal étudié ; dans les autres cas, les émissions sont modélisées sous forme de particules indifférenciées 64

TRANSPORT ENTRE LES OPERATEURS DE RANG 1 ET DE RANG 2

[Données 23| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Nature des données d'activité**] ► Tonnage en jeu, distances, gabarit des PL, taux de charge, taux de retour à vide, modalités de conditionnement 65

[Données 24| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Hypothèses**] ► Le gabarit des PL et leur taux de retour à vide relèvent d'hypothèses 65

[Données 25| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Les données d'activité ont été recueillies par questionnaire auprès des opérateurs de rang 1. Ces informations sont représentatives des années 2014, 2015, 2016 ou 2017 selon les catégories de DEEE 65

[Données 26| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Traitement des données**] ► Les données détaillées relatives à l'identité, la localisation et la répartition des tonnages entre les différents repreneurs, ont été traitées et consolidées de manière à obtenir pour chaque catégorie de DEEE une distance routière et une distance maritime représentative du transport de chacune des fractions. 66

[Données 27| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Traitement des données**] ► Le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide 66

[Données 28| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Affectation massique**] ► Pour chaque catégorie de DEEE, les impacts associés au transport d'une fraction donnée entre les opérateurs de rang 1 et les repreneurs de rang 2 de cette fraction sont affectés de manière massique entre les matériaux constitutifs de cette fraction. 66

[Données 29| **Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2** ✕ **Source des données d'inventaire d'arrière-plan**] ► Les données d'inventaire d'arrière-plan sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off. 66

OPERATIONS DE RANG 2 ET ULTERIEURS

[Données 30| **Opérations de rang 2 et ultérieures jusqu'aux destinations finales** ✕ **Nature des données d'activité**] ► L'identification de la succession d'opérations de traitement qui permettent aux matériaux constitutifs des fractions produites par les opérateurs de traitement de rang 1 d'atteindre les destinations finales est un prérequis indispensable en vue de la qualification et de la quantification des données d'activités relatives à ces étapes 68

[Données 31| **Opérations de rang 2 et ultérieures jusqu'aux destinations finales** ✕ **Hypothèses**] ► Au-delà des opérateurs de rang 2, il a été nécessaire de formuler des hypothèses sur la nature des opérations conduites en aval de ces opérateurs de rang 2 et jusqu'aux destinations finales. Les schémas de gestion des fractions présentés dans les rapports par catégorie de DEEE – rapports confidentiels – assurent la traçabilité entre les informations factuelles et les hypothèses. 70

- [Données 32] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Les données ont été collectées par questionnaire auprès des opérateurs de rang 1 et ont porté sur tous opérateurs de rang 2 concernés pour chacune des fractions ; selon la catégorie de DEEE, les données sont représentatives de 2014, 2015, 2016 ou 2017 (cas des moteurs)..... 71
- [Données 33] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Nature des données d'activité**] ► La modélisation des opérations de traitement conduites par des opérateurs de traitement de rang 2 et ultérieurs repose sur l'identification de matériaux cibles destinés à être valorisés et la prise en compte de taux d'extraction de ces matériaux cibles 72
- [Données 34] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Selon la nature des fractions et du flux de DEEE considéré, l'identification des matériaux cibles et les taux d'extraction considérés reposent soit sur des données produites à l'issue de travaux de caractérisation, soit sur des avis experts. 72
- [Données 35] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Nature des données d'activité**] ► Nature et quantité des intrants énergétiques, nature et quantité des autres intrants matériels, émissions spécifiques 73
- [Données 36] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Les données d'activité pour les opérations conduites en rang 2 et suivants sont basées sur des analogies avec certains aspects des opérations conduites en rang 1, sur des données bibliographiques ou sur des données internes acquises lors d'études antérieures ; leur représentativité temporelle est jugée adaptée par rapport à un objectif de représentation de la période 2014-2016. 73
- [Données 37] **Transports aval aux opérateurs de rang 2** ✕ **Nature des données d'activité**] ► Tonnage en jeu, distances, gabarit des PL, taux de charge, taux de retour à vide 74
- [Données 38] **Transports aval aux opérateurs de rang 2** ✕ **Source et représentativité des données d'activité**] ► Des scénarios types par zone géographique ou par marché ont été définis. Pour les scénarios par marché, les distances établies s'appuient sur des statistiques relatives aux zones d'utilisation (marché national intérieur, marché européen, marché asiatique) de différentes catégories de déchets (ex : métaux ferreux, cuivre, etc.). Pour les scénarios types, les référentiels PEP Ecopassport™ et le référentiel français pour l'affichage environnemental ont servi de points de référence pour établir les distances parcourues. 74
- [Données 39] **Transports aval aux opérateurs de rang 2** ✕ **Traitement des données**] ► Le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide. 75
- [Données 40] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Affectation**] ► Dans la même logique que celle appliquée aux opérateurs de traitement de rang 1, les intrants associés au traitement d'une fraction/d'une sous-fraction par un opérateur de rang 2 ou par un opérateur de rang ultérieur, sont affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette fraction/sous-fraction 76
- [Données 41] **Transports aval aux opérateurs de rang 2** ✕ **Affectation**] ► Dans la même logique que celle appliquée au transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2, les impacts associés au transport en aval des opérateurs de rang 2, d'une fraction/d'une sous-fraction, sont affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette fraction/sous-fraction..... 76
- [Données 42] **Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures** ✕ **Source des données d'inventaire**] ► Dans la même logique que celle appliquée aux opérateurs de traitement de rang 1, les données d'inventaire sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off ; le mix électrique est spécifique au pays dans lequel est localisé chacun des opérateurs ; concernant les émissions de poussières, elles sont modélisées par des émissions de particules du métal étudié dans le cas des métaux et elles sont modélisées sous forme de particules indifférenciées dans le cas des autres matériaux. 76
- [Données 43] **Transports aval aux opérateurs de rang 2** ✕ **Source des données d'inventaire**] ► Dans la même logique que celle appliquée au transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2, les données d'inventaire sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off..... 76

DESTINATIONS FINALES

- [Données 44] **Destinations finales** ✕ **Affectation**] ► La modélisation du comportement d'un matériau donné dans une destination finale donnée a été conduite de manière aussi spécifique que possible compte tenu des données accessibles. Elle met préférentiellement en jeu des règles d'allocation fonction de la nature des éléments ainsi que des

règles d'affectation énergétiques ; selon les destinations finales, des règles d'affectation massique ont également été mises en œuvre pour prendre en compte certains aspects particuliers. 78

[Données 45] **Destinations finales** \propto **Représentativité géographique des données d'inventaire**] ► Les données d'inventaire du comportement des matériaux/composants dans les destinations finales qu'ils atteignent ont été construites : 1/ A l'échelle de la zone Europe (RER) pour toutes les destinations correspondant à des opérations de valorisation matière et/ou énergie sauf pour l'incinération avec valorisation énergétique ; 2/ A l'échelle des zones France (FR), Europe (RER) et Chine (CN) pour les destinations correspondant à des opérations de stockage ou d'incinération avec valorisation énergétique. 80

[Données 46] **Destinations finales** \propto **Source des données d'inventaire**] ► Les données d'inventaire du comportement des matériaux/composants dans les destinations finales qu'ils atteignent ont été construites en exploitant des données et informations issues de différentes sources de données : bases de données existantes (ecoinvent V3.4 et V3.2), logiciel dédié à l'évaluation environnementale de la gestion des déchets ménagers (Wisard™), données et informations publiées par des Fédérations Matériaux (European Aluminium Association, WorldSteel, European Copper Institute...), littérature technique et scientifique. 81

CAS SPECIFIQUES DES DEEE PROFESSIONNELS

[Données 47] **Traitement des données pour établir les destinations finales des matériaux**] ► La construction des ICV de fin de vie des matériaux nécessite d'établir de manière quantifiée dans quelles destinations finales ces matériaux sont orientés. Afin d'établir ces distributions, une procédure de calcul a été mis en œuvre en s'appuyant : (i) sur la connaissance des procédés mobilisés par chacun des opérateurs, (ii) sur la répartition des tonnages de DEEE professionnels froid par opérateurs, (iii) le profil de distribution des matériaux préalablement établis pour le GEMF, le GEM HF et le PAM. 84

[Données 48] **Adaptation des données existantes aux spécificités de traitement des DEEE professionnels**] ► Les situations pour lesquelles une réutilisation directe des données établies pour les flux ménagers n'était pas possible ou pertinente ont été identifiées et ont conduit à modifier les profils de destinations finales de certains matériaux constitutifs des DEEE professionnels froid. 86

[Données 49] **Destinations finales** \propto **Localisation géographique des données d'inventaire**] ► Des hypothèses simplifiées de localisation géographique des destinations finales ont été établies pour les équipements professionnels froid. 86

[Données 50] **Opérations de traitement de rang 1 et ultérieures** \propto **Hypothèses considérées pour les données d'activité**] ► Les besoins en utilités et les rejets de ces étapes de traitement de rang1, de rang 2 et ultérieures et des étapes de transports jusqu'aux destinations finales ont été pris en compte en s'appuyant sur les données d'ores et déjà établies pour les flux ménagers GEMF, GEM HF et PAM. 87

POSITION DES TRAVAUX PAR RAPPORT A LA CFF

[Position par rapport à la CFF 1] **Périmètre**] ► Le périmètre étudié dans le cadre des travaux exclut les termes se référant à la phase de production qui sont couverts dans le cadre de la CFF. 91

[Position par rapport à la CFF 2] **Périmètre**] ► Le périmètre étudié dans le cadre des travaux ne concerne qu'une partie de la fin de vie couverte dans le cadre de la CFF : la gestion des DEEE qui ne sont pas collectés dans le cadre de la filière est exclue des travaux. 92

[Position par rapport à la CFF 3] **Paramètres d'allocation A et B**] ► Le paramètre d'allocation des bénéfices apportés par la valorisation matière et le paramètre d'allocation apportés par la valorisation énergétique sont de 0 pour tous les couples matériaux/flux de DEEE étudiés. 93

[Position par rapport à la CFF 4] **Taux de recyclage R2**] ► Chacun des taux de recyclage R2 exploité dans le projet a été calculé en répondant aux exigences de la CFF : le calcul a été conduit en considérant, sur toute la chaîne entre les points de collecte de la filière et la sortie du process de recyclage, les différentes pertes possibles et la part des matériaux orientée vers des fractions non valorisées. 94

[Position par rapport à la CFF 5] **Ratio de qualité Q_{sout}/Q_p**] ► Le ratio de qualité Q_{sout}/Q_p qui compare la qualité du matériau recyclé en fin de vie et la qualité du matériau vierge auquel se substitue le matériau recyclé a systématiquement été déterminé sur la base de considérations physiques. 95

[Position par rapport à la CFF 6|**Point de substitution**]► Dans le cadre des travaux, le point de substitution est systématiquement déterminé en cohérence avec le point de calcul du taux de recyclage et celui du ratio de qualité $Q_{\text{sort}}/Q_{\text{p}}$; ce point se situe en sortie du procédé de recyclage et correspond donc au point le plus en aval possible de la chaîne de valeur de gestion des déchets. 96

[Position par rapport à la CFF 7|**Calcul des termes $E_{\text{recyclingEoL}}$, E_{ER} , E_{D}**]► Dans le cadre des travaux, les émissions spécifiques et les ressources consommées par les procédés de recyclage ($E_{\text{recyclingEoL}}$), de valorisation énergétique (E_{ER}) et d'élimination (E_{D}) ont été comptabilisées à toutes les étapes de traitement, de massification et de transport depuis les points de collecte jusqu'aux destinations finales qui sont atteintes par les matériaux. 96

[Position par rapport à la CFF 8|**Enseignements des travaux sur ICV DEEE**]► Sans remise en cause des diverses exigences posées dans le cadre de la CFF, la CFF ne doit pas fermer la possibilité de prendre en compte, pour la fin de vie d'un matériau donné : i/plusieurs procédés de recyclage ; ii/plusieurs procédés de valorisation énergétique ; iii/plusieurs procédés d'élimination..... 99

[Position par rapport à la CFF 9|**Enseignements des travaux sur ICV DEEE**]► La gestion en fin de vie de produits complexes repose, non pas sur un niveau unique de traitement/séparation, mais sur une arborescence de différents opérateurs de traitement/séparation et de transports intermédiaires ; les exigences de la CFF doivent être déclinées à l'échelle de cette arborescence.100

LIMITES DES TRAVAUX

[Limites des travaux 1|**Exclusions**] ► Les aspects qui ont été exclus du champ de l'étude doivent être pris en compte par les utilisateurs afin de vérifier si ceux-ci constituent ou non une limite quant à l'exploitation qu'ils envisagent de faire des données.....104

[Limites des travaux 2|**ICV non réalisables pour certains matériaux**] ► Les aspects qui ont été exclus du champ de l'étude doivent être pris en compte par les utilisateurs afin de vérifier si ceux-ci constituent ou non une limite quant à l'exploitation qu'ils envisagent de faire des données.....104

[Limites des travaux 3|**Impacts**] ► Les données produites et diffusées présentent des limites dans leur capacité à rendre compte des impacts relatifs aux émissions de particules, à la toxicité, à l'écotoxicité, à l'utilisation d'espace et aux radiations ionisantes. Les utilisateurs devront tenir compte de ces limites dans l'exploitation des données et l'interprétation qui en est faite.....105

TABLEAUX

Tableau 1 – Synthèse des livrables internes	25
Tableau 2 – Modélisation de la production d'électricité consommée par les étapes de premier plan	40
Tableau 3 – Evaluation de la pertinence des différents indicateurs d'impacts environnementaux dans le cadre de la gestion des DEEE	43
Tableau 4 – Exigences de qualité des données dans le cadre des travaux	47
Tableau 5 – Année de référence des données d'activité de la logistique amont.....	51
Tableau 6 – Logistique amont : évaluation de la qualité des données et atteintes des exigences	53
Tableau 7 – Fractions issues du traitement de rang 1 des DEEE étudiés	54
Tableau 8 – Taux de couverture massive des opérateurs de rang 1 pris en compte par rapport au tonnage géré par ESR pour l'année considérée	57
Tableau 9 – Technologies couvertes par les des opérateurs de rang 1 pris en compte.....	58
Tableau 10 – Traitement par les opérateurs de rang 1 : évaluation de la qualité des données et atteinte des exigences	64
Tableau 11 – Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2: évaluation de la qualité des données et atteinte des exigences.....	67
Tableau 12 – Transports aval aux opérateurs de rang 2 ▫ scénarios de transport par zone géographique.....	74
Tableau 13 – Opérations rang 2 et ultérieures et opérations de transport jusqu'aux destinations finales : évaluation de la qualité des données et atteinte des exigences.....	77
Tableau 14 – Destinations finales ▫ Liste et représentativité géographique des destinations finales modélisées	81
Tableau 15 – Destinations finales ▫ évaluation de la qualité des données et atteinte des exigences	82
Tableau 16 – Destinations finales : hypothèses simplifiées de localisation géographique	86
Tableau 17 – Synthèse de la qualité des données exploitées étape par étape.....	89
Tableau 18 – Position par rapport à la CFF ▫ Valeurs par défaut de A et B pour les produits finis dans la CFF.....	91
Tableau 19 – Position par rapport à la CFF ▫ Paramètres d'allocation A et B considérés dans les travaux	93
Tableau 20 – Position par rapport à la CFF ▫ Calcul du taux de recyclage R2 dans les travaux et prise en compte des lacunes d'efficacité tout au long de la chaîne	95
Tableau 21 – Position par rapport à la CFF ▫ Calcul de $E_{\text{recyclingEoL}}$, E_{ER} , E_D dans les travaux.....	97
Tableau 22 – Position par rapport à la CFF ▫ Lecture CFF des ICV avec et sans intégration des bénéfiques.....	98
Tableau 23 – Position par rapport à la CFF ▫ Cas d'illustration sur la co-existence de différents procédés de recyclage, de différents procédés de valorisation énergétique et de différents procédés d'élimination	100
Tableau 24 – Qualité générale des données produites et diffusées au regard des différentes catégories d'impact.....	105

FIGURES

Figure 1 – Evolution des tonnages de DEEE ménagers collectés en France entre 2006 et 2015	26
Figure 2 – Frontières du système, cas général (BO : boucle ouverte, BF : boucle fermée).....	34
Figure 3 – Illustration de quelques fractions issues du traitement de rang 1 des GEMHF.....	35
Figure 4 – Frontières du système, cas des gaz réfrigérants et de l’huile des GEMF et DEEE professionnels froid et cas du mercure contenu dans les tubes des T&L et des EP (BO : boucle ouverte, BF : boucle fermée)	37
Figure 5 – Schéma de principe de la logistique amont des DEEE organisée par ESR	49
Figure 6 – Distribution des matériaux entre les différentes fractions produites à l’issue du traitement de rang 1 ▫ illustration de principe avec l’acier des PAM.....	60
Figure 7 – Gestion de la fraction [Acier] issue du traitement de rang 1 du PAM, fonction et localisation des opérateurs de rang 2	69
Figure 8 – Gestion de la fraction [Câbles] issue du traitement de rang 1 des GEMHF, fonction et localisation des opérateurs de rang 2.....	69
Figure 9 – Gestion de la fraction [Acier] issue du traitement de rang 1 des PAM.....	71
Figure 10 – Détails sur la gestion des sous-fractions générées par broyage/séparation de la fraction [Acier] des PAM71	
Figure 11 – Destinations finales atteintes par les matériaux ▫ illustration de principe avec l’acier des PAM	78
Figure 12 – Modalités de traitement des DEEE professionnels froid étudiés.....	84
Figure 13 – Processus de calcul pour déterminer les destinations finales des matériaux des fontaines à eau et petits équipements de climatisation	85
Figure 14 – Position par rapport à la CFF ▫ Représentation simplifiée de la collecte pour recyclage d’un matériau (JRC)	92
Figure 15 – Position par rapport à la CFF ▫ Représentation simplifiée de la collecte pour recyclage d’un matériau (JRC) ▫ Introduction d’une distinction entre la gestion filière et hors filière.....	93
Figure 16 – Position par rapport à la CFF ▫ Représentation simplifiée de la collecte pour recyclage d’un matériau (JRC) ▫ Considération d’un unique niveau de traitement/séparation.....	101
Figure 17 – Position par rapport à la CFF ▫ Représentation simplifiée de la collecte pour recyclage d’un matériau (JRC) ▫ Considération d’une arborescence de traitement/séparation successifs pour les déchets complexes	101

OBJECTIFS DES TRAVAUX

A. ASPECTS GENERAUX

A.1 COMMANDITAIRES

[Objectifs 1 | Commanditaires] ► Les travaux ont été commandités par ESR

A.1.1 ESR

ESR est un éco-organisme à but non-lucratif, agréé par les pouvoirs publics depuis le 1^{er} janvier 2018, et regroupe les activités de collecte et de recyclage d'Eco-systèmes pour les DEEE ménagers et de Récylum pour les DEEE professionnels, les lampes et les petits extincteurs.

Il assure le respect des obligations de collecte et de valorisation des DEEE pour le compte de ses producteurs adhérents. Il prend notamment en charge les missions suivantes : organisation d'un réseau de collecte, sélection des prestataires de logistique et de traitement, suivi des prestations réalisées pour s'assurer des bonnes performances du dispositif dans le respect de la réglementation, de la sécurité des personnes et de l'environnement. En amont, ESR s'implique aux côtés de ses adhérents afin de les inciter et de les accompagner vers des démarches d'éco-conception.

Quelques chiffres clés :

- En 2016, Récylum a collecté 4 900 tonnes de lampes, soit environ 47 millions de lampes et de tubes, et 16 000 tonnes de DEEE professionnels (filiale démarrée en 2012) ce qui le positionne comme un acteur majeur du recyclage des lampes et des DEEE professionnels en France et en Europe.
- En 2016, Eco-systèmes a collecté près de 525 000 tonnes de DEEE ménagers et professionnels, ce qui le positionne comme un acteur majeur du développement de la filière DEEE à l'échelle européenne. Pour les DEEE ménagers, ceci représente plus de 75% de ce marché en France.

A.1.2 ADEME

[Objectifs 2 | Cofinancement] ► Les travaux ont bénéficié d'un cofinancement de la part de l'Ademe dans le cadre de sa démarche de coproduction de nouveaux jeux de données d'inventaires au travers de partenariats.

L'**Ademe** est l'opérateur de l'État pour accompagner la transition écologique et énergétique. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'Ademe met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre, et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air, l'éco-conception, la consommation durable, la mobilité, le bâtiment durable, l'urbanisme durable....

En ce qui concerne l'éco-conception et l'affichage environnemental, l'Ademe développe et met à disposition des outils et des données à destination des utilisateurs (Base IMPACTS® notamment).

A.2 REALISATEUR

[Objectifs 3 | Réalisateur] ► Les travaux ont été conduits par Bleu Safran, avec la collaboration d'Hélène Cruypenninck sur la modélisation des destinations finales

Les travaux ont été conduits par Bleu Safran, société spécialisée dans la pratique des ACV notamment en ce qui concerne la gestion des produits en fin de vie.

Lors de la réalisation des travaux Bleu Safran a pu s'appuyer sur de nombreuses réunions de travail et échanges avec des experts en charge de la logistique et du traitement au sein d'Eco-systèmes et de Récylum puis d'ESR.

Hélène Cruypenninck, expert ACV indépendant, est également intervenue en collaboration avec Bleu Safran dans la réalisation de la phase des travaux dédiée à la modélisation du comportement des matériaux dans les destinations finales (recyclage des plastiques, aciérie, affineries d'aluminium, incinération avec valorisation énergétique....).

A.3 GESTION DU PROJET

[Objectifs 4 | Durée] ► Le projet s'est organisé en plusieurs phases de travail entre 2014 et 2018

Le projet s'est globalement organisé sur la période 2014-2018 :

- **Une phase de cadrage des travaux a été conduite en 2014** : cette phase a duré environ 9 mois. Elle a été l'occasion d'échanger de manière approfondie avec les commanditaires, ainsi qu'avec certains de leurs adhérents, de visiter des sites de traitement et de dialoguer avec des opérateurs. Cette phase a permis de confirmer et de préciser le besoin initialement identifié par les deux éco-organismes ; elle a également permis de s'assurer de la faisabilité du projet et d'aboutir à un certain nombre de recommandations en termes de périmètre, de méthodologie ainsi qu'à une première appréciation de la volumétrie des travaux.
- **Lot 1 : une phase de conduite des travaux à proprement parler s'est organisée sur deux ans**, de début 2015 à fin 2016 et a porté sur différents flux de DEEE ménagers et professionnels qui ont été étudiés de manière séquentielle.
- **Lot 2 : les travaux ont ensuite été élargis à huit flux de DEEE professionnels lors de travaux conduits entre mi-2017 et mi-2018.**

[Objectifs 5 | Copil] ► La conduite des travaux a bénéficié de l'éclairage et des recommandations d'un Comité de Pilotage réunissant des experts de l'Ademe, d'Eco-systèmes et de Récylum (puis d'ESR)

Bleu Safran a bénéficié, de manière régulière et tout au long de la phase de conduite des travaux, de l'éclairage et des recommandations d'un comité de pilotage réunissant des experts de l'Ademe et d'ESR :

- **Ademe** : Erwann Fangeat (expert DEEE) et Olivier Réthoré (expert ACV et base de données) appartenant au Service produits et efficacité matière ;
- **ESR** :
 - Nathalie Yserd, Pierre-Marie Assimon, Laurène Cuénot, Edouard Carteron et Thomas Van Nieuwenhuysse appartenant à la Direction de la Relation et du Service Client
 - Xavier Lantoinette, Laure Morice, Romain Lesage et Marianne Fleury appartenant à la Direction Technique.

Le Comité de Pilotage s'est réuni dix fois au cours de la phase de conduite des travaux entre janvier 2015 et mai 2018 ; des réunions téléphoniques ciblées sur des questions particulières ont également eu lieu en complément des réunions de Comité de Pilotage.

B. OBJECTIFS DES TRAVAUX

B.1 ORIGINE DES TRAVAUX

[Objectifs 6 | Origine des travaux] ► Lors du démarrage des travaux en 2014, les données disponibles dans les bases de données/ les outils ACV ne permettaient pas de modéliser la gestion en fin de vie des équipements électriques et électroniques

Du fait de la jeunesse de cette filière, la gestion des DEEE est un domaine d'activité relativement peu abordé du point de vue de l'Analyse du Cycle de Vie. En l'occurrence, en 2014, il n'existait pas, dans les bases de données couramment exploitées par les praticiens ACV au niveau européen, de données d'ICV permettant de modéliser de manière satisfaisante, la gestion en fin de vie du(des) produit(s) électrique(s) ou électronique(s) auxquels ils peuvent s'intéresser.

La conduite de ce projet trouve son origine dans le souhait de combler les lacunes actuelles des bases de données courantes en mettant à disposition des praticiens, et plus particulièrement des adhérents d'ESR, des données d'ICV permettant de modéliser la fin de vie de leurs produits électriques et électroniques de manière fine et fiable.

B.2 OBJECTIFS DES TRAVAUX

[Objectifs 7 | Objectif des travaux] ► Mettre à disposition des adhérents d'ESR, et plus largement des praticiens ACV intéressés, des données d'ICV, répondant aux exigences des normes ISO 14040 :2006 [1] et ISO 14044 :2006 [2] et aux exigences « entry level » de l'ILCD [3], leur permettant de modéliser la fin de vie des produits électriques et électroniques mis sur le marché français

Ce projet vise prioritairement à répondre aux attentes des adhérents producteurs d'ESR, de plus en plus nombreux à s'engager dans des démarches d'évaluation environnementale et d'éco-conception de leurs produits, en améliorant le socle technique existant en matière d'évaluation environnementale de la gestion des DEEE.

Ces objectifs rejoignent ceux de l'Ademe en termes de contribution au développement des démarches d'éco-conception et de l'affichage environnemental. Pour ADEME, cette contribution se concrétise notamment par la mise à disposition d'informations environnementales par l'intermédiaire de la Base IMPACTS®, ainsi que par la production d'informations au travers de démarche de co-production de données avec des tiers partenaires.

La phase préparatoire du projet, conduite en 2014, a confirmé le fait que les adhérents producteurs de Récylum et Eco-systèmes à l'époque étaient en attente d'ICV robustes, et représentatifs des modalités de collecte, de dépollution et de traitement mises en place en France pour la gestion des DEEE. Les ICV attendus doivent leur permettre d'améliorer la modélisation environnementale de la gestion en fin de vie des produits actuellement mis sur le marché.

La phase préparatoire a également conduit à comprendre que pour répondre aux attentes des producteurs :

- Le travail de production des ICV doit tenir compte des différents besoins des utilisateurs, et notamment des règles et exigences méthodologiques du PEP Ecopassport [4], ce référentiel étant utilisé par une part notable des producteurs en vue de la production de déclarations environnementales produit ;
- La construction des ICV doit être pensée de manière à ce que les ICV diffusés permettent d'optimiser le temps consacré par les adhérents au travail de modélisation de leurs produits en fin de vie ;
- Les ICV produits à l'issue de ces travaux doivent être diffusés de manière publique et leur format doit permettre de les intégrer dans différents outils ACV génériques (SIMAPRO, GABI, EIME, ...) ou plus spécifiques à certains domaines comme ceux du bâtiment (ELODIE,

COCOON....) : ce dernier point a orienté les travaux vers une diffusion des ICV au format ILCD via le LCDN (cf. § B.6).

[Objectifs 8 | Objectif des travaux] ► Différencier les ICV selon des critères d'éco-conception lorsque c'est pertinent

Eco-systèmes et Récyclum, puis ESR, ont exprimé le souhait que les ICV produits puissent être différenciés par la prise en compte de critères d'éco-conception au regard de la gestion en fin de vie lorsque ces derniers font sens du point de vue environnemental.

A titre d'exemple, si des charges ou additifs présents dans certains matériaux plastiques perturbent leur tri et/ou sont susceptibles de conduire à leur orientation vers une filière aval moins intéressante en termes de substitution finale, il convient que les ICV créés puissent rendre compte de ces différences d'orientation.

[Objectifs 9 | Objectif des travaux] ► Inscrire ces travaux dans la durée et pouvoir actualiser les données publiées

ESR et l'Ademe ont pour objectif d'inscrire ces travaux dans le temps et de pouvoir actualiser régulièrement les ICV produits à l'issue de ce premier projet : les besoins d'actualisation des données seront examinés tous les 3 ans environ en considérant notamment :

- L'évolution des taux de collecte ;
- L'évolution des opérateurs de traitement de rang 1 qui sont mobilisés pour les différentes catégories de DEEE ;
- L'évolution des techniques de traitement et de leurs performances au regard de la dépollution ainsi que des taux de recyclage et de valorisation ;
- L'évolution des données d'arrière-plan qui ont pu être exploitées au cours du travail de modélisation.

La reproductibilité de la démarche et la maintenabilité de modélisation à l'origine de la base de données constituent donc un enjeu clef à prendre en compte. Cet enjeu conditionne des orientations importantes en termes de :

- Structuration des modèles ACV développés pour produire les ICV ;
- Organisation et traçabilité de la documentation exploitée ainsi que des processus de traitement des données ;
- Transparence des rapports qui ont été produits tout au long des travaux (§B.6 et §B.7).

B.3 REFERENTIELS NORMATIFS

[Objectifs 10 | Objectif des travaux] ► Le travail conduit vise à satisfaire les exigences des normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 :2006 ainsi que les exigences « entry level » de l'ILCD

Le travail de construction des ICV est conduit en conformité avec les exigences des normes ISO 14040 : 2006 [1] et ISO 14044 : 2006 [2] qui encadrent l'Analyse du Cycle de Vie et vise à satisfaire les exigences « entry level » de l'ILCD [3].

B.4 CONTEXTE DECISIONNEL ET APPLICATIONS ENVISAGEES

[Objectifs 11 | Contexte décisionnel] ► En se référant à la typologie ILCD, le contexte décisionnel de production de ces données est celui d'une comptabilisation avec intégration des interactions (C1) et celui d'une comptabilisation sans intégration des interactions (C2)

Les données visent à représenter, selon une démarche purement descriptive, le profil environnemental de la gestion en fin de vie de chaque couple matériau/flux de DEEE étudié tel que ces couples matériau/flux de DEEE sont gérés dans le cadre de la filière DEEE française.

Pour chacun des couples matériau/flux de DEEE étudiés, les ICV sont construits selon deux méthodes :

- sans intégration des bénéfices qui sont apportés par les effets de substitution matière ou énergie dans le cas de destinations finales consistant dans des opérations de valorisation ; cette démarche renvoie au contexte décisionnel C2 selon la typologie établie par l'ILCD [3];
- avec intégration des bénéfices qui sont apportés par les effets de substitution matière ou énergie dans le cas de destinations finales consistant dans des opérations de valorisation ; cette démarche renvoie au contexte décisionnel C1 selon la typologie établie par l'ILCD [3].

Ces deux méthodes de comptabilisation sont détaillées dans la section relative aux destinations finales (§ O.4).

Dans tous les cas les données d'ICV sont produites selon une démarche d'ACV attributionnelle.

[Objectifs 12 | Applications envisagées] ► Les applications envisagées sont : (i) priorité 1 : aide à l'éco-conception, (ii) priorité 2 : études ACV comparatives ou non comparatives, déclarations environnementales produits de type PEP Ecopassport®, affichage environnemental (via l'intégration des ICV dans la Base IMPACTS® de l'Ademe)

Les ICV de gestion des DEEE sont **prioritairement destinés à être utilisés dans le cadre de démarches d'éco-conception.**

Elles seront également intégrées dans les outils développés par l'Ademe (Base IMPACTS®, et outil Bilan Produit) et donc exploitables via ces outils.

Par ailleurs, une attention particulière a été portée tout au long des travaux à d'autres référentiels notamment sectoriels, en cours d'élaboration ou dont des évolutions sont probables, étant ou ayant vocation à être utilisés par une part notable des adhérents d'ESR en vue de la production de déclarations environnementales produit ou d'empreintes environnementales. Ces référentiels sont listés ci-après :

- Le Product Environmental Footprint Categories rules ou PEFCR (version provisoire 6.3 datant de décembre 2017) ;
- La norme EN 15804+A1 (avril 2015)¹ ;
- Le référentiel PEP Ecopassport (avril 2015) ;
- Un référentiel en cours d'élaboration dans le cadre du CENELEC.

Certaines règles méthodologiques de ces référentiels peuvent être différentes de celles suivies pour l'élaboration des ICV concernés par les présents travaux. Afin d'aider les utilisateurs à identifier les synergies ou les différences, le guide « FAQ – questions fréquemment posées » comprend différentes sections visant à les sensibiliser sur ces enjeux méthodologique :

- Puis-je utiliser les ICV dans le cadre de l'affichage environnemental tel que prévu via le Product Environmental Footprint (PEF) ?
- Puis-je utiliser les ICV dans le cadre de la norme EN 15804 ?
- Puis-je utiliser les ICV dans le cadre de PEP Ecopassport ?

Outre ces applications, les données d'ICV produites pourront éventuellement être exploitées par les utilisateurs dans des études ACV comparatives ou non comparatives. Dans tous les cas, les utilisateurs de ces données devront veiller à tenir compte des limites des travaux afin d'apprécier la capacité des données produites à répondre à leurs besoins.

¹ Il est à noter qu'un amendement A2 est en cours d'enquête publique (mai 2018).

B.5 PUBLIC CONCERNE

[Objectifs 13 | Public externe] ► Ces travaux sont destinés aux praticiens ACV des adhérents d'ESR et plus largement aux praticiens ACV concernés par la gestion des DEEE

Les travaux visent prioritairement à répondre aux besoins des praticiens ACV des adhérents d'ESR : elles doivent leur permettre de modéliser la gestion en fin de vie des équipements électriques et électroniques qu'ils mettent actuellement sur le marché en France.

Toutefois, dans la mesure où les données produites sont diffusées publiquement via le Life Cycle Data Network, elles pourront également constituer des données utiles pour tous les praticiens ACV concernés par la gestion des DEEE.

B.6 LIVRABLES EXTERNES DIFFUSES PUBLIQUEMENT

[Objectifs 14 | Livrables externes] ► Trois types de livrables sont publiquement diffusés à l'issue des travaux : 1/ les données ICV au format ILCD et system (LCI results) satisfaisant les normes ISO 14040 :2006 et ISO 14044 : 2006 ainsi que les exigences *Entry Level* du référentiel ILCD ; 2/ une synthèse méthodologique ; 3/ un guide d'utilisation des données.

Trois types de livrables sont élaborés en vue d'une diffusion publique :

- **Données** : les ICV des couples matériau/flux de DEEE étudiés diffusés sur les nodes d'Eco-systèmes et de Récyclum du LCDN : ces données sont diffusées au format ILCD et au format *system (LCI results)* ; elles ont été construites de manière à satisfaire les normes ISO 14040 : 2006 et ISO 14044 : 2006 [1][2] et le niveau *Entry Level* du référentiel ILCD [3].
- **Synthèse méthodologique version V2.0 de Juin 2018** : ce document expose de manière synthétique les points clefs du travail d'élaboration des ICV et son positionnement par rapport aux exigences de la CFF (Circular Footprint Formula). Ce document est une version actualisée de la version initiale V1.0 datée de janvier 2017.
- **Guide d'utilisation sous la forme d'une FAQ** : ce guide vise à faciliter la bonne appropriation et exploitation des données par les praticiens ACV.

B.7 LIVRABLES INTERNES CONFIDENTIELS

[Objectifs 15 | Livrables internes] ► Des livrables – internes et confidentiels – ont été élaborés tout au long du projet afin d'assurer la traçabilité du travail, sa reproductibilité et sa pérennité dans le temps

Plusieurs livrables internes, confidentiels, ont été réalisés au cours du projet afin d'assurer la traçabilité du travail qui a été réalisé, sa reproductibilité et sa pérennité dans le temps.

	Contenu	Volumétrie	Accessibilité
Rapport GEMF*	Dans chacun des rapports : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identification des matériaux à prendre en compte pour la catégorie de DEEE ▪ Modalité de collecte/transfert ▪ Principe de traitement de rang 1 ▪ Identification des fractions issues du traitement de rang 1 ▪ Composition des fractions issues du traitement de rang 1 ▪ Gestion de chacune des fractions depuis la sortie des opérateurs de traitement de rang 1 jusqu'aux destinations finales 	≈100 pages	ESR, Ademe, revue critique
Rapport T&L*		≈100 pages	
Rapport PAM*		≈200 pages	
Rapport GEMHF*		≈200 pages	
Rapport Ecrans Plats*		≈100 pages	
Rapport BAES*		≈100 pages	

	Contenu	Volumétrie	Accessibilité
Rapport PEP* Med & Bât*	<ul style="list-style-type: none"> Synoptique matériaux/fractions 	≈100 pages	
Rapport Luminaires professionnels*		≈110 pages	
Rapport GEP&Mobiles Med&Bât*		≈110 pages	
Rapport onduleurs professionnels*		≈100 pages	
Rapport moteurs industriels*		≈35 pages	
Rapport DEEE professionnels froid *		≈65 pages	
Rapport principal ICV d'arrière-plan* - août 2016	<ul style="list-style-type: none"> Orientations générales de modélisation sous Simapro Documentation des données d'inventaire exploitées à chacune des étapes Documentation de la construction des données d'inventaire relatives aux destinations finales 	≈200 pages	ESR, Ademe, Revue Critique
Complément au rapport ICV d'arrière-plan* – Juin 2018	<ul style="list-style-type: none"> Compléments pour la modélisation des matériaux complémentaires concernés par les DEEE professionnels étudiés en 2017/2018 	≈20 pages	
Note relative à la mise à jour des règles de gestion des plastiques – Juin 2018	<ul style="list-style-type: none"> Mise à jour des règles de gestion des plastiques afin de tenir compte des modalités applicables à partir de l'année 2018 	≈20 pages	
Modèle	<ul style="list-style-type: none"> Modèle développé sous Simapro 		ESR, en séance de travail par la Revue Critique

* Un ensemble organisé des sources de données exploitées dans chacun des rapports (questionnaire, données produites par les eco-organismes, articles bibliographiques) est également remis aux commanditaires

TABLEAU 1 – SYNTHÈSE DES LIVRABLES INTERNES

B.8 DATE D'ÉDITION DE LA SYNTHÈSE MÉTHODOLOGIQUE

Ce présent document correspond à la Synthèse méthodologique des travaux dans sa version V2.0 en date de juin 2018.

CHAMP DE L'ETUDE

Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) sont actuellement considérés comme l'un des flux de déchets qui connaît la croissance la plus rapide dans l'UE. Ces déchets contiennent différentes substances qui nécessitent d'être extraites et gérées de manière adéquate afin de prévenir des risques environnementaux et sanitaires ; ils constituent par ailleurs un gisement important en vue de la production de matières premières secondaires (métaux, plastiques, métaux précieux, verre...) et/ou de combustibles solides de récupération.

La législation européenne favorisant la collecte et le recyclage de tels équipements (directive 2002/96/CE relative aux DEEE) est en vigueur depuis février 2003. Cette législation prévoit la création de systèmes de collecte où les consommateurs ramènent gratuitement leurs déchets d'équipement usagés, l'objectif de ces systèmes étant :

- De privilégier les systèmes garantissant une bonne extraction des polluants et leur gestion dans le cadre des filières adéquates ;
- D'augmenter le recyclage et/ou la réutilisation des équipements électriques et électroniques.

La directive 2012/19/UE du 4 juillet 2012 (transposé en droit français par le décret n° 2014-928 du 19 août 2014) fixe les objectifs de collecte suivants :

- Objectif à partir de 2016 : 45 % en masse des équipements vendus au cours des trois années précédentes ;
- Objectif à partir de 2019 : 65 % en masse des équipements vendus au cours des trois années précédentes ou 85 % en masse des déchets produits.

L'état du recyclage des DEEE en Union européenne a été analysé dans une étude menée par le Programme de lutte contre le commerce illégal des DEEE – CWIT – [8] ; cette étude montre qu'en 2012, à l'échelle de l'Europe :

- 35 % des DEEE auraient été pris en charge et gérés par les filières officielles de collecte et de recyclage ;
- 65 % des DEEE auraient été gérés hors des filières agréés :
 - 50 % environ auraient été recyclés dans des conditions non conformes ;
 - 25 % environ auraient été exportés ;
 - 12,5 % environ auraient été triés pour récupérer les matériaux de valeur ;
 - 12,5 % environ auraient été jetés à la poubelle.

Concernant le taux de collecte spécifiquement atteint au niveau Français, les derniers chiffres publiés par l'Ademe [9] portent sur **l'année 2016** : 667 000 tonnes de DEEE ménagers ont été collectés et gérés dans le cadre de la filière (quatre organismes agréés), soit **un taux de collecte de 45,2 %** environ par rapport à la moyenne des équipements mis sur le marché au cours des trois années précédentes.

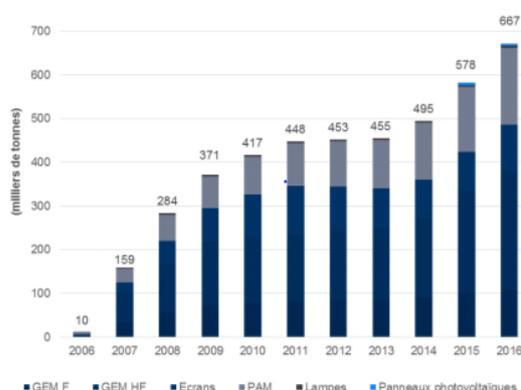


FIGURE 1 – EVOLUTION DES TONNAGES DE DEEE MENAGERS COLLECTES EN FRANCE ENTRE 2006 ET 2016

C. SYSTEMES ETUDIES

C.1 GESTION DES DEEE DANS LE CADRE DE LA FILIERE AGREEE

[Champ de l'étude 1 | Gestion dans le cadre de la filière agréée] ► L'étude vise à représenter la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) dans le cadre de la filière agréée, telle qu'elle est mise en œuvre par ESR (cf. § A.1) dans le cadre de son agrément par les pouvoirs publics, en application de la Responsabilité Élargie des Producteurs (REP) issue de la Directive 2012/19/UE.

Dans le droit français, un éco-organisme est une structure à but non lucratif à laquelle les producteurs d'EEE – concernés par les obligations de la REP – transfèrent leurs obligations de collecte et de recyclage moyennant le paiement d'une contribution financière.

La procédure d'agrément, et les obligations des éco-organismes qui en résultent pour la gestion des DEEE, reposent sur :

- un cahier des charges² établi par les pouvoirs publics à l'issue d'une concertation avec l'ensemble des parties prenantes ;
- la remise de dossiers de demande d'agrément par les éco-organismes et leur approbation par les pouvoirs publics ;
- un contrôle périodique du respect par les éco-organismes des exigences du cahier des charges et de leur dossier de demande, par des organismes tiers accrédités.

Dans le cadre de cette filière agréée, les modalités d'organisation, de financement et de contrôle de la gestion des DEEE se caractérisent notamment par :

- La **poursuite d'une mission d'intérêt général**, le respect du principe de non-lucrativité par les éco-organismes, et la recherche d'une qualité environnementale, sociale et économique élevée favorisant la création d'emplois locaux ;
- Le **développement de moyens de collecte des DEEE**, adaptés à leurs profils, auprès de tous les détenteurs, afin d'atteindre des objectifs minimum de taux de collecte, issus de la Directive 2012/19/UE et précisés en droit national³ :
 - *Les appareils usagés collectés doivent être clairement identifiables comme des DEEE (non cisailés ou compactés, et séparés d'autres types de déchets), et sont systématiquement triés par flux, selon leur nature, afin d'être orientés vers des installations spécialisées.*
- La sélection des opérateurs de logistique et de traitement par appels d'offres et la mise en place de contrats privilégiant **les meilleures techniques de traitement disponibles**, garantissant l'extraction et le traitement adéquat des substances et composants dangereux contenus dans les DEEE, et permettant l'atteinte des taux-cibles de recyclage et valorisation fixés par la Directive 2012/19/UE :
 - *Les contenants et moyens de manutention sont adaptés afin de préserver l'état des DEEE collectés en vue d'une dépollution efficace, par exemple : utilisation de contenants dédiés pour la collecte et le transport des tubes fluorescents, des lampes et*

² Annexé à l'arrêté du 2 décembre 2014 relatif à la procédure d'agrément et portant cahier des charges des éco-organismes de la filière des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers en application des articles R. 543-189 et R. 543-190 du code de l'environnement

³ Taux de collecte minimum de 45% en 2016, 52% en 2017, 59% en 2018 et 65% en 2019 (en % du poids moyen d'EEE mis sur le marché au cours des trois années précédentes), incluant une proportion annuelle minimale de collecte à atteindre auprès de nouveaux canaux

des écrans plats limitant les brisures, manipulation des équipements de gros électroménager froid avec des chariots à pinces permettant d'éviter d'endommager le circuit réfrigérant) ;

- *Chaque flux de DEEE collecté est dépollué par le biais de procédés spécifiquement adaptés en fonction des polluants qu'il contient et des caractéristiques des équipements, par exemple : dépollution et traitement des réfrigérateurs sur des unités dédiées réalisant la récupération des fluides contenus dans le circuit frigorifique et le captage des gaz d'expansion des mousses isolantes par broyage en enceinte confinée, traitement des tubes fluorescents et lampes en zones confinées avec aspiration en continue de l'air ambiant qui passe par des systèmes de dépoussiérage et de démercurisation) ;*
 - *Chaque flux de DEEE collecté est traité avec des procédés adaptés pour optimiser la séparation des matières qu'il contient et leur valorisation, par exemple : pour les petits appareils ménagers ou professionnels, mise en place de désintégateurs permettant d'éclater les appareils afin de réaliser une première séparation avant le broyage, optimisant la valorisation des fractions minérales et plastiques).*
- Le **contrôle des performances de dépollution, recyclage et valorisation** au travers d'un processus de contrôle rigoureux conforme aux standards WEEE-LABEX et/ou CENELEC :
- *Les flux de DEEE sont tracés depuis leur collecte jusqu'aux centres de dépollution et traitement. Les filières de reprise des fractions sortantes font également l'objet d'une traçabilité et d'un contrôle par les éco-organismes ;*
 - *Des audits indépendants et des contrôles internes sont réalisés pour évaluer les performances des procédés sur l'ensemble des sites de traitement ;*
 - *Le contrôle de la dépollution est réalisé par des tests de performances, caractérisations et analyses de concentration en polluants de fractions dont les résultats sont confrontés avec des valeurs-cibles établies sur la base des meilleures techniques disponibles et d'échantillonnages détaillés.*
- La **Recherche et Développement** et le soutien d'investissements visant à optimiser le recyclage des déchets, améliorer la qualité des matières recyclées et à limiter les impacts environnementaux des activités.

C.2 EXCLUSION DE LA GESTION HORS FILIERE

[Champ de l'étude 2 | Gestion hors filière exclue] ► La fin de vie des EEE telle qu'elle se déroule hors de la filière est exclue du périmètre des travaux

Les ICV de gestion des DEEE établis dans le cadre du présent projet intègrent les étapes de gestion telles qu'elles sont assurées dans le cadre de la filière gérée par ESR : **la gestion de ces mêmes DEEE telle qu'elle se déroule hors de la filière est exclue du champ de construction des ICV.**

L'exclusion du champ de l'étude de la gestion hors filière des DEEE est un choix qui se justifie par le fait que :

- La trajectoire et le devenir des DEEE hors filière est de manière générale, et par essence, très mal connue ; a fortiori et contrairement, à la gestion des DEEE dans le cadre de la filière pour laquelle ESR dispose d'un volume important d'informations et de données, ESR n'a pas de visibilité sur les opérations effectives qui se déroulent hors de la filière.
- Dans l'optique d'une exploitation des données produites à l'issue de ce travail dans des démarches d'éco-conception, la perspective « hors filière » semble peu pertinente : il paraît en effet plus légitime de chercher à améliorer la conception des équipements électriques et

électroniques mis sur le marché au regard des opérations qui sont conduites dans le cadre de la filière, et qui respectent les exigences réglementaires notamment en termes de dépollution plutôt, que de penser cette conception au regard des opérations qui sont conduites hors de la filière, opérations à propos desquelles il est aujourd'hui délicat de savoir si elles respectent les exigences de dépollution ou s'organisent de manière à optimiser les taux de valorisation des matériaux.

Il importe également de souligner que la filière DEEE est récente : les taux de collecte, et donc les quantités gérées dans le cadre de cette filière, sont en progression constante. Les taux de collecte devraient continuer à croître au cours des années à venir afin de répondre aux objectifs de la directive 2012/19/UE du 4 juillet 2012 (transposé en droit français par le décret n° 2014-928 du 19 août 2014).

Compte tenu de cette augmentation importante du taux de collecte, la représentativité des ICV de gestion des DEEE dans le cadre de la filière devrait augmenter par rapport à un périmètre couvrant la gestion filière et hors filière.

C.3 FLUX DE DEEE COUVERTS PAR LES TRAVAUX ET FLUX DE DEEE EXCLUS DES TRAVAUX

C.3.1 FLUX COUVERTS

[Champ de l'étude 3 | Flux de DEEE couverts] ► Lot 1 : 5 flux de DEEE ménagers – Tubes & Lampes, GEMF, PAM, GEMHF et Ecrans Plats – et 2 flux de DEEE professionnels – BAES et PEP bâtiment & médical ; Lot 2 : 8 flux de DEEE professionnels – GEP&Mobiles bâtiment & médical, Luminaires, Onduleurs, Moteurs industriels, Fontaines à eau, Froid commercial, climatisation rooftop et petites unités de climatisation

Les différentes catégories de flux de DEEE concernées pour l'élaboration des ICV sont les suivants :

Lot 1 (années 2015/2016) :

- T&L : tubes et lampes ;
- GEMF : gros électroménager froid ;
- PAM : petits appareils en mélange ;
- GEMHF : gros électroménager hors froid ;
- Ecrans Plats ;
- BAES : blocs autonomes d'éclairage de sécurité ;
- PEP bâtiment et médical : petits équipements professionnels du bâtiment et du médical

Lot 2 (années 2017/2018) :

- GEP & Mobiles bâtiment et médical : gros équipements professionnels (> 250 kg) et mobiles (50 à 250 kg) du bâtiment et du médical
- Luminaires professionnels extérieurs et intérieurs ;
- Onduleurs professionnels ;
- Moteurs industriels ;
- DEEE professionnels froid :
 - Fontaines à eau ;
 - Froid commercial ;
 - Climatisations rooftop ;
 - Petits équipements de climatisation (moins de 2 kg de fluide frigorigène par équipement)

C.3.2 FLUX EXCLUS

[Champ de l'étude 4 | Flux de DEEE exclus] ► Concernant les flux de DEEE ménagers, les écrans CRT, qui ne sont plus mis sur le marché, sont exclus du périmètre des travaux. Dans le cas des T&L, les lampes à arc court au xénon et au mercure, sont également exclus des travaux.

Compte tenu des objectifs des travaux – les ICV visent à offrir aux adhérents d'ESR la possibilité d'améliorer la modélisation environnementale des produits qu'ils mettent sur le marché – les flux de DEEE qui sont actuellement gérés dans le cadre de la filière mais qui ne répondent plus à des technologies mises sur le marché sont exclus du champ des travaux : ceci concerne le cas des écrans CRT (Cathode Ray Tube).

Dans la même logique, certains composants – contacteurs à mercure, condensateurs au PCB, huile PCB de certains radiateurs... – sont également exclus des travaux relatifs à chacun des flux de DEEE car ils n'entrent plus dans la composition des nouveaux appareils.

Dans le cas particulier des T&L, les lampes à Arc court (xénon et mercure) utilisées pour des applications de projections cinématographiques et événementielles, de lithographie et de fabrication de semi-conducteurs et de microscopie fluorescence. Ces lampes ont été exclues du champ de l'étude du fait des arbitrages effectués sur les flux de DEEE à étudier en priorité : ces lampes sont très minoritaires en quantité et traitées selon une filière très spécifique.

C.4 GRANULARITE OBJET

[Champ de l'étude 5 | Granularité objet] ► Les ICV sont établis à l'échelle d'un couple matériau/flux de DEEE

Une réflexion a été conduite en phase préparatoire de ce projet afin de déterminer la granularité selon laquelle la gestion des DEEE est étudiée. L'alternative suivante a été considérée :

1. Etablir des ICV moyens représentant la gestion en fin de vie de chacun des flux de DEEE étudié, par exemple ICV moyen du GEMF ou ICV moyen des T&L ;
2. Etablir des ICV moyens d'un couple matériau/flux de DEEE, par exemple l'acier des GEMF ou le verre des T&L.

Le choix retenu consiste à établir des ICV moyens pour des couples matériau/flux de DEEE, voire à l'échelle de composants/flux de DEEE.

▪ ICV moyen d'un flux de DEEE

La construction d'un ICV moyen à l'échelle de chacun des flux de DEEE étudié a été écartée car :

- Elle ne permet pas à un utilisateur d'ajuster la modélisation de fin de vie en fonction de la conception et de la composition effective de son produit : dans le cas des PAM par exemple, un grille-pain aurait le même ICV par unité de masse qu'un téléphone mobile alors que la conception et la composition de ces produits sont radicalement différentes ; pour les mêmes raisons, de telles données « moyennes » seraient en outre non pertinentes du point de vue d'une démarche d'affichage environnemental.
- Elle ne permet pas non plus à cet utilisateur de comprendre quels composants ou quels matériaux de son produit constituent les contributeurs principaux au bilan environnemental de la gestion de son produit en fin de vie : ceci constituerait une limite importante pour l'exploitation des données dans une démarche d'éco-conception.
- Enfin, la construction d'un ICV moyen correspondant à un flux de DEEE rend également délicate sinon impossible la prise en compte de critères d'éco-conception au regard de la gestion dans la filière : la donnée étant restituée à un niveau trop macroscopique et général pour pouvoir la moduler en fonction de tels critères.

▪ ICV moyen d'un couple matériau/flux de DEEE

La construction d'ICV à l'échelle de couples matériau/flux de DEEE qui a été retenue dans le cadre de ce projet permet de dépasser les différentes limites pointées quant à une approche « ICV moyen d'un flux de DEEE ». En contrepartie de ces qualités, il s'agit d'une approche qui implique une volumétrie de travail beaucoup plus importante du fait du nombre élevé de données à produire.

Sans déroger à cette approche fine et afin de faciliter l'exploitation ultérieure des données – par exemple dans le cadre d'un premier screening sur un produit – il a également été décidé de construire, pour quelques composants complexes comme les cartes électroniques, des ICV à la fois à l'échelle de leurs matériaux principaux mais également à l'échelle de ces composants complexes.

D. IDENTIFICATION DES MATERIAUX A ETUDIER

[Enjeu Clef de Modélisation 1 | Identification des matériaux à étudier] ► Etablir pour chacune des catégories de DEEE étudiées la liste des matériaux prioritaires. Des lacunes dans les données accessibles ont toutefois conduit à ne pas étudier quelques matériaux spécifiques de certains flux professionnels.

Pour chacune des catégories de DEEE étudiées, il a tout d'abord été nécessaire d'identifier la liste des matériaux à étudier, c'est-à-dire les matériaux pour lesquels il s'avérait prioritaire d'établir des ICV de gestion en fin de vie.

La sélection de ces matériaux a été conduite de manière à anticiper le respect des critères de coupure auquel sera confronté un praticien exploitant les ICV produits afin de modéliser la gestion de fin de vie d'un équipement électrique et électronique particulier :

- les informations et données disponibles en termes de composition de chacune des catégories de DEEE étudiées, celles-ci pouvant être issues d'analyses conduites par ESR, de la bibliographie ou d'avis expert, ont été exploitées selon les considérations de portée massique et environnementale préconisée dans la norme ISO 14044 : 2006 ; pour chacune des catégories de DEEE étudiées, la liste des matériaux retenus comme objets des travaux a été établie en considérant :
 - les matériaux/composants permettant de couvrir au moins 95 % en masse de la composition moyenne de la catégorie de DEEE ;
 - les matériaux/composants inférieurs à 5 % de la masse de chaque catégorie de DEEE mais susceptibles de présenter une pertinence environnementale remarquable ; ceci est notamment le cas des cartes électroniques et de certains matériaux qu'elles intègrent (or, argent, platinoïde, plomb), du Hg qui entre dans la composition des tubes et lampes de diverses catégories de DEEE ou encore des gaz réfrigérants des GEMF et des DEEE professionnels froid et des gaz d'expansion des GEMF et des GEMHF.
- les matériaux/composants qui ne sont plus mis sur le marché à l'heure actuelle ont été écartés de la liste des matériaux/composants à étudier ; sur cette base, tous les matériaux/composants (contacteurs au mercure, condensateurs au PCB, huile contenant des PCB...) qui sont encore présents dans les DEEE actuellement gérés mais qui ne peuvent plus être intégrés dans les équipements électriques et électroniques du fait des exigences de la RoHS ont été écartés des travaux.

La prise en compte de l'objectif d'éco-conception a notamment conduit à décliner les ICV de certaines résines plastiques selon la présence ou non de RFB et selon la densité qu'ils atteignent du fait de la présence de charge.

Il convient également de souligner que dans le cas particulier de certains flux de DEEE professionnels, et en raison d'un manque de données disponibles, **il n'a pas été possible de proposer un ICV de fin de vie pour certains matériaux ou composants** bien qu'ils puissent contribuer de manière notable à la composition de certains appareils :

- **inox non ferreux** pouvant être utilisé dans les moteurs industriels ainsi que les DEEE professionnels froid (ex : applications agroalimentaires, marchés spécifiques pour plateformes pétrolières et navales) ;
- **matériaux constitutifs de l'ampoule** des tubes à rayons X utilisés dans certaines applications médicales ;
- **matériaux constitutifs de batteries acide-plomb** pouvant être présentes dans les onduleurs industriels.

E. UNITE FONCTIONNELLE ET FLUX DE REFERENCE

E.1 UNITE FONCTIONNELLE

[Champ de l'étude 6 | Unité Fonctionnelle] ► Assurer la gestion en fin de vie dans le cadre de la filière d'un kilogramme du matériau étudié appartenant à la catégorie de DEEE étudiée, depuis les points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge de cette catégorie de DEEE jusqu'aux destinations finales qui sont atteintes par ce matériau.

La gestion en fin de vie dans le cadre de la filière implique notamment un respect des exigences réglementaires de dépollution qui s'appliquent à la catégorie de DEEE étudiée ainsi qu'une orientation des polluants extraits vers les filières de traitement adéquates.

Les normes ISO 14040:2006 et ISO 14044 :2006, qui encadrent les ACV – ainsi que les ICV –, exigent que soit définie une Unité fonctionnelle pour chacun des produits ou services qui sont objet de l'étude. De même, dans le cadre du Specific guide for Life Cycle Inventory data sets, l'ILCD Handbook exige la définition détaillée d'une unité fonctionnelle.

Dans le cadre de ces travaux, l'Unité Fonctionnelle est définie comme :

« Assurer la gestion en fin de vie dans le cadre de la filière d'un kilogramme du matériau étudié appartenant à la catégorie de DEEE étudiée depuis les points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge de cette catégorie de DEEE jusqu'aux destinations finales qui sont atteintes par ce matériau »

Comme cela a été précisé en introduction de cette section, la gestion dans le cadre de la filière apporte des garanties, notamment – mais pas seulement – quant au respect des exigences réglementaires en termes de dépollution et au traitement des polluants extraits dans les filières adaptées, qui ne sont pas nécessairement apportées par une gestion « hors filière ».

Dépollution des DEEE dans le cadre de la filière

Au minimum les substances, préparations et composants ci-après doivent être retirés de tout déchet d'équipements électriques et électroniques faisant l'objet d'une collecte sélective.

- Condensateurs contenant du polychlorobiphényle (PCB), conformément à la directive 96/59/CE du Conseil du 16 septembre 1996 concernant l'élimination des polychlorobiphényles et des polychloroterphényles (PCB et PCT)(1)
- Composants contenant du mercure, tels que les interrupteurs ou les lampes à rétroéclairage
- Piles et accumulateurs

- Cartes de circuits imprimés des téléphones mobiles, d'une manière générale, et d'autres dispositifs si la surface de la carte de circuit imprimé est supérieure à 10 centimètres carrés
- Cartouches de toner, liquide ou en pâte, ainsi que les toners de couleur
- Matières plastiques contenant des retardateurs de flamme bromés
- Déchets d'amiante et composants contenant de l'amiante
- Tubes cathodiques
- Chlorofluorocarbones (CFC), hydrochlorofluorocarbone (HCFC) ou hydrofluorocarbone (HFC), hydrocarbures (HC)
- Lampes à décharge
- Écrans à cristaux liquides (ainsi que leur boîtier le cas échéant) d'une surface supérieure à 100 centimètres carrés et tous les écrans rétroéclairés par des lampes à décharge
- Câbles électriques extérieurs
- Composants contenant des fibres céramiques réfractaires tels que décrits dans la directive 97/69/CE de la Commission du 5 décembre 1997 portant adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE du Conseil relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses(2)
- Composants contenant des substances radioactives à l'exception des composants en quantités ne dépassant pas les valeurs d'exemption fixées dans l'article 3 et l'annexe I de la directive 96/29/Euratom du Conseil du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants(3)
- Condensateurs électrolytiques contenant des substances dangereuses (hauteur 25 mm, diamètre 25 mm ou volume proportionnellement similaire).

Les substances, préparations et composants précités doivent être éliminés ou valorisés conformément à l'article 4 de la directive 75/442/CEE du Conseil.

Par exemple, l'ICV construit pour le PP (polypropylène) des PAM répond ainsi à l'Unité Fonctionnelle « Assurer la gestion en fin de vie dans le cadre de la filière d'un kilogramme de PP appartenant aux PAM depuis les points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge des PAM jusqu'aux destinations finales qui sont atteintes par le PP ».

E.2 FLUX DE REFERENCE

[Champ de l'étude 7 | Flux de référence] ► Le flux de référence est défini comme un kilogramme de matériau étudié appartenant à la catégorie de DEEE étudiée ; ce kilogramme est mesuré aux points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge de cette catégorie de DEEE

Compte tenu des objectifs des travaux et de la définition générale de l'Unité Fonctionnelle, le flux de référence correspondant à une donnée publiée est défini par :

« Un kilogramme de matériau appartenant à la catégorie de DEEE étudiée, ce kilogramme est mesuré aux points d'enlèvements mis en place par les éco-organismes français en charge de cette catégorie de DEEE »

Ainsi, dans le cas de l'ICV construit pour le PP des PAM, le flux de référence correspond à un kilogramme de PP appartenant aux PAM et mesuré aux points d'enlèvement mis en place par les éco-organismes français en charge de la gestion des PAM.

F. FRONTIÈRES DU SYSTÈME

F.1 CAS GÉNÉRAL

[Champ de l'étude 8 | Frontières x Cas général] ► Le système de gestion en fin de vie d'un couple matériau/flux de DEEE étudié couvre l'intégralité des opérations de transport et de traitement entre les points d'enlèvement de ce flux de DEEE et l'éventail des destinations finales atteintes par le matériau étudié compte tenu des modalités de traitement de ce flux de DEEE

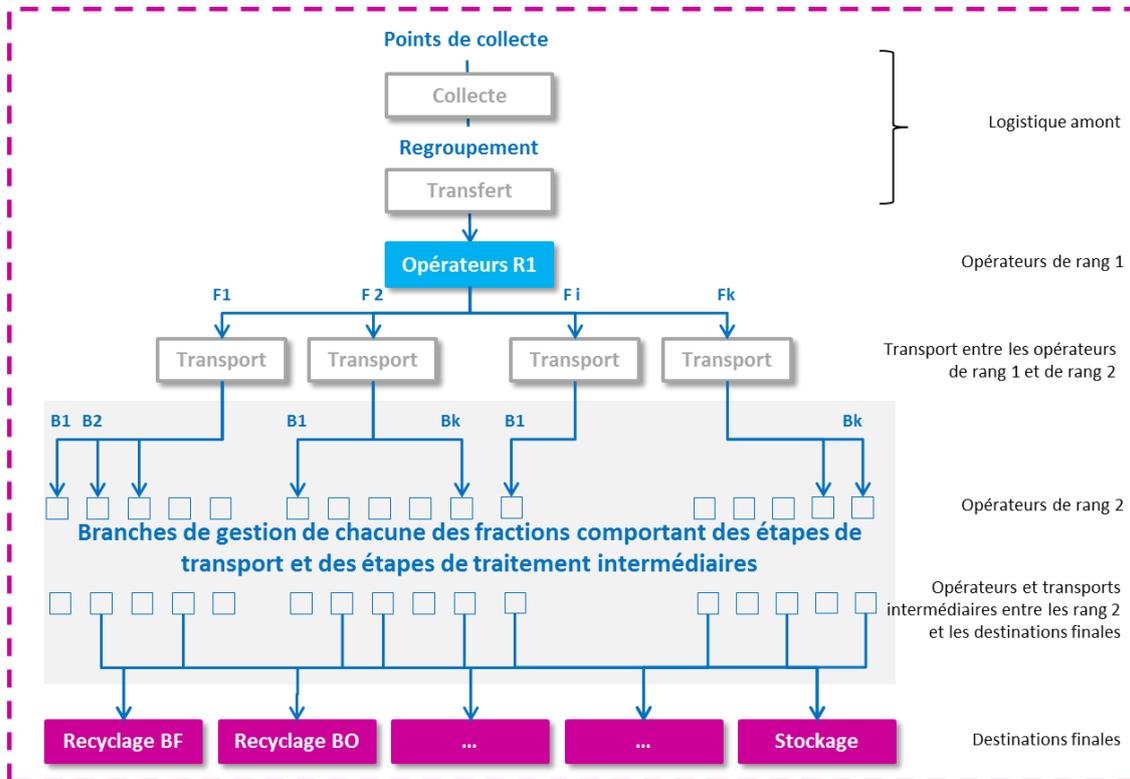


Figure 2 – FRONTIÈRES DU SYSTÈME, CAS GÉNÉRAL (BO : BOUCLE OUVERTE, BF : BOUCLE FERMÉE)

La figure ci-dessus illustre les grands principes et étapes de la gestion des DEEE :

Logistique amont : cette phase intègre la collecte des DEEE auprès des points d'enlèvement et jusqu'aux centres de regroupement où les DEEE sont massifiés puis le transfert des DEEE depuis les centres de regroupement vers les opérateurs de traitement de rang 1 ; une autre partie des tonnages collectés, souvent moindre, peut également être transportée directement de manière massifiée depuis les points d'enlèvement jusqu'aux opérateurs de traitement de rang 1.

Opérateurs de traitement de rang 1 : ces opérateurs, situés en France, sont chargés de la dépollution (cf. §E.1) et de la première étape de traitement des DEEE. Cette étape conduit à produire différentes fractions plus ou moins complexes : en effet, sauf cas d'exception, les fractions ne sont jamais constituées d'un seul matériau (la résine PP par exemple), ni même d'une seule catégorie de matériaux (les plastiques) ; les fractions correspondent :

- à un ensemble de matériaux dans lequel une catégorie domine (les métaux ferreux) mais où d'autres matériaux/composants (des cartes électroniques, des induits...) distincts de la catégorie principale sont présents sous forme d'impuretés ;
- à un véritable mélange entre diverses catégories de matériaux (mélange métaux/plastiques, fluff, résidus de broyage...).



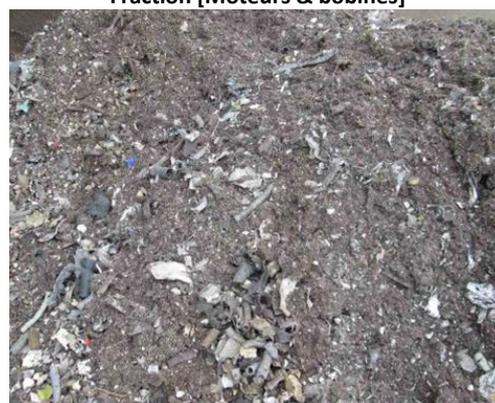
Fraction [Cartes]



Fraction [Moteurs & bobines]



Fraction [Métaux/Plastiques en mélange]



Fraction [Fluff]

FIGURE 3 – ILLUSTRATION DE QUELQUES FRACTIONS ISSUES DU TRAITEMENT DE RANG 1 DES GEMHF

Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 : les différentes fractions produites par les opérateurs de traitement de rang 1 sont transportées jusqu'à des opérateurs de rang 2. Pour un opérateur de rang 1 donné et une fraction donnée, plusieurs opérateurs de rang 2 peuvent être concernés (de 1 à 7 repreneurs au maximum par fraction avec une majorité des cas où le nombre de repreneurs se situe entre 1 et 3) ; à titre d'exemple, la fraction câbles des 9 opérateurs de GEMF étudiés est reprise par 16 opérateurs d'identité différente.

Opérateurs de rang 2 : les opérateurs de rang 2 sont principalement situés en France et très majoritairement dans la zone européenne. Selon les cas, les opérateurs de rang 2 peuvent correspondre à :

- des opérateurs de destinations finales atteintes par les matériaux (incinération avec valorisation énergétique, destruction thermique, stockage et recyclage pour certaines fractions présentant peu d'impuretés) ;
- des opérateurs de traitement intermédiaire (séparation des plastiques, séparation des fines métaux/plastiques, broyage/séparation des compresseurs....) ;
- des opérateurs de massification/négoce (ces opérateurs pouvant jouer un rôle important afin de garantir une continuité d'approvisionnement aux repreneurs suivants).

Transports et opérateurs intermédiaires entre les opérateurs de rang 2 et les destinations finales : selon la nature des opérations conduites par les opérateurs de rang 2, des étapes supplémentaires de transport et de traitement peuvent être nécessaires avant d'atteindre les destinations finales. Par exemple, si un opérateur de rang 2 procède à une séparation d'une fraction fines métaux/plastiques, cela implique en aval un transport des métaux ferreux extraits vers une aciérie, un transport des alliages de cuivre vers une affinerie de cuivre, un transport des cartes électroniques vers une affinerie de cuivre/métaux précieux, ..., un transport des résidus de broyage non valorisés vers une ISDND.

Destinations finales : les destinations finales consistent soit dans des opérations de valorisation matière (aciérie, affinerie d'aluminium, réutilisation directe de cuivre, affinerie de cuivre/métaux précieux, régénération des plastiques, valorisation d'inertes en BTP...), soit dans des opérations de valorisation énergétique (incinération avec valorisation énergétique, utilisation de CSR en cimenterie...), soit dans des opérations d'incinération (incinération de déchets dangereux) ou de stockage (stockage de déchets dangereux ou stockage de déchets non dangereux).

F.2 CAS PARTICULIER DES GAZ REFRIGÉRANTS ET DE L'HUILE DES GEMF ET DES DEEE PROFESSIONNELS FROID ET CAS DU MERCURE CONTENU DANS LES TUBES DES T&L ET LES TUBES DES ECRANS

[Champ de l'étude 9 | Frontières et Cas spécifiques] ► Dans le cas particulier des gaz réfrigérants et de l'huile des GEMF et des DEEE professionnels froid, ainsi que du mercure contenu dans les tubes et les lampes CFL des T&L et dans les tubes des Ecrans plats, les frontières du système intègrent également le devenir des pertes survenant en amont de l'entrée chez les opérateurs de rang 1

Lorsque des DEEE sont livrés chez les opérateurs de traitement de rang 1, il arrive parfois que ces DEEE ne soient plus intègres :

- ils peuvent être brisés : des tubes et lampes cassés peuvent être trouvés dans les conteneurs de tubes et lampes ainsi que dans les écrans plats livrés chez les opérateurs de traitement ;
- ils peuvent être endommagés : le circuit de réfrigération de certains GEMF ou de certains DEEE professionnels froid peut être percé ;
- ils peuvent être partiellement pillés : des GEMF ou des DEEE professionnels froid peuvent arriver chez les opérateurs de traitement de rang 1 sans leur compresseur.

Les dommages ainsi constatés concernent la fin de vie des équipements électriques et électroniques sans qu'il soit possible de savoir si ces dommages ont eu lieu entre les points d'enlèvement et les opérateurs de rang 1, c'est-à-dire dans le cadre des frontières précédemment décrites, ou en amont des points d'enlèvement :

- les tubes et lampes ont pu être accidentellement cassés par leurs utilisateurs ou bien brisés lors de la logistique de collecte ;
- les circuits de réfrigération ont pu être percés par des utilisateurs employant un couteau ou un tournevis pour accélérer le dégivrage du compartiment congélateur de leur GEMF ; ils ont aussi pu être endommagés lors de la manipulation des appareils (chargement/déchargement des appareils dans les camions de logistique).

Concernant le manque d'intégrité d'une partie des DEEE arrivant chez les opérateurs de rang 1, l'état des connaissances ne permet pas aujourd'hui de découpler entre :

- la proportion des DEEE qui ont été endommagés chez les utilisateurs, détérioration accidentelle qui pourrait d'ailleurs expliquer la mise au rebut des appareils ;
- la proportion des DEEE qui ont été endommagés au niveau des points d'enlèvement ou de regroupement ou lors de la logistique.

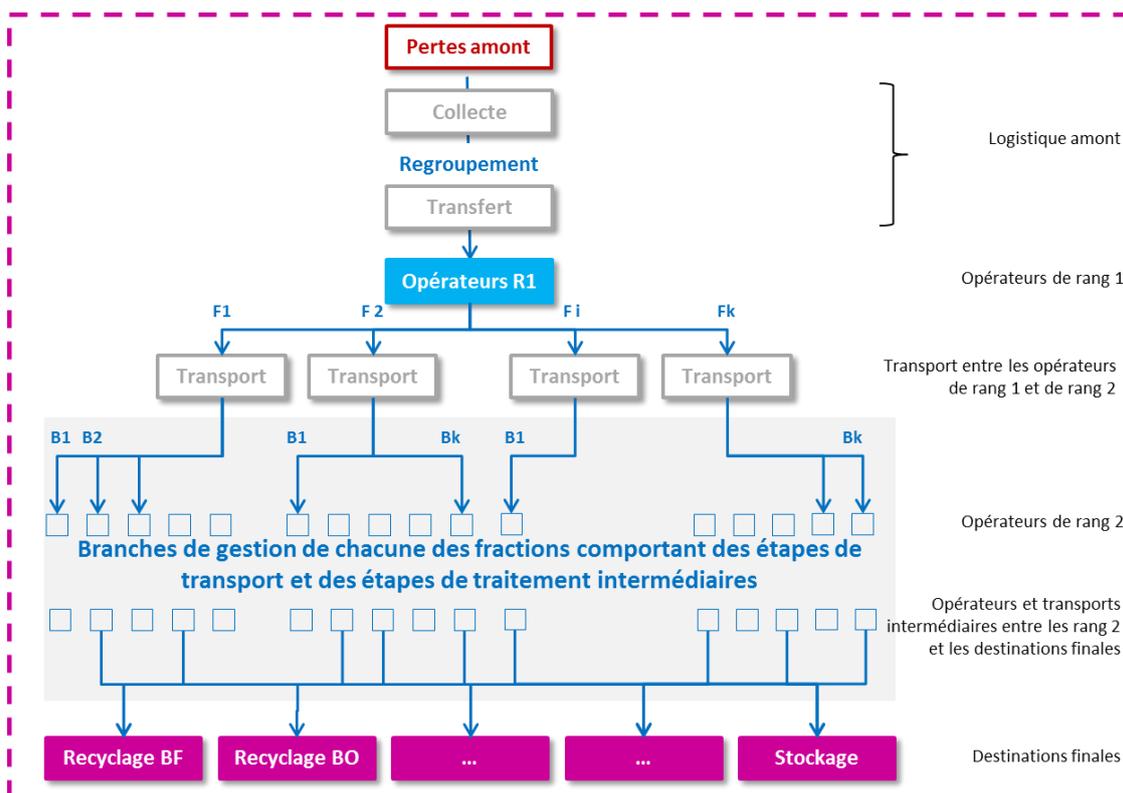


FIGURE 4 – FRONTIÈRES DU SYSTÈME, CAS DES GAZ RÉFRIGÉRANTS ET DE L'HUILE DES GEMF ET DEEE PROFESSIONNELS FROID ET CAS DU MERCURE CONTENU DANS LES TUBES DES T&L ET DES EP (BO : BOUCLE OUVERTE, BF : BOUCLE FERMÉE)

Après échanges sur ces aspects avec Eco-systèmes et Récyclum, la décision a ainsi été prise de considérer l'ensemble des émissions spécifiques qui pouvaient survenir du fait d'un manque d'intégrité constaté sur les DEEE, même si celui-ci ne trouve pas nécessairement son origine dans le champ d'action de la filière à proprement parler.

Dans cette perspective, des pertes, dites pertes amont, ont été comptabilisées dans les frontières du système (Figure 4) :

- les émissions de gaz de réfrigération et d'huile qui sont dues aux appareils de froid endommagés ou dont le compresseur est absent ;
- les émissions de mercure qui sont dues aux T&L trouvés brisés dans les conteneurs et les émissions de mercure qui sont dues aux tubes trouvés brisés dans les ECRANS.

Ces pertes ont été quantifiées et modélisées sous forme d'émissions spécifiques (cas du mercure et des gaz réfrigérants) ou via leur incinération (cas de l'huile) afin d'intégrer les impacts qu'elles sont susceptibles de générer.

[Champ de l'étude 10 | Frontières et Cas spécifiques & flux de référence] ► La comptabilisation des pertes amont a été faite comme si ces pertes survenaient entre les points d'enlèvement et les opérateurs de rang 1 ; le flux de référence n'est donc pas modifié par l'intégration des pertes amont.

Il convient de préciser que l'intégration des pertes amont dans la comptabilisation n'entraîne pas de modification du flux de référence pour les cas qui sont concernés : en effet, ces pertes amont ont été systématiquement prises en compte comme si elles survenaient entre les points d'enlèvement et l'entrée chez les opérateurs de rang 1.

Ainsi, dans le cas des gaz réfrigérants, si le taux de pertes amont a été estimé à 5 % (valeur illustrative, la valeur effective étant confidentielle), cela signifie que, pour un kilogramme de gaz réfrigérant (par exemple du R600A) considérée aux points d'enlèvement des GEMF, 50 g sont considérées comme des

pertes amont et 950 g sont considérés comme entrant effectivement chez les opérateurs de traitement de rang 1 des GEMF.

De même, pour le mercure des T&L, si le taux de pertes amont a été estimé à 3 % (valeur illustrative, la valeur effective étant confidentielle), cela signifie que, pour une tonne de mercure considérée aux points d'enlèvement des T&L, 30 g sont considérées comme des pertes amont et 970 g sont considérés comme entrant effectivement chez les opérateurs de traitement de rang 1 des T&L.

F.3 GENERALITES SUR LES INCLUSIONS

[Champ de l'étude 11 | Frontières, inclusions] ► Les intrants et les extrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions élémentaires directes ont été comptabilisés pour chacune des étapes de premier plan de la gestion des flux de DEEE étudiés.

Pour chacune des étapes de premier plan de la gestion des flux de DEEE qui sont identifiés dans les frontières du système – étapes présentées de manière schématique dans les Figure 2 et Figure 4 –, les intrants et les extrants énergétiques et matériels ont été comptabilisés ; de même, les émissions directes correspondant à des flux élémentaires ont été quantifiées.

Les intrants et extrants anthropiques (électricité, azote, huile, propane...) ont été associés à des données d'inventaire d'arrière-plan principalement issues de la base de données ecoinvent v3 pour toutes les étapes de transport et de traitement. Dans le cas des destinations finales, une modélisation spécifique du comportement des matériaux dans chacune des destinations finales qu'ils atteignent a été développée à partir des différentes sources de données.

Les aspects pris en compte sont détaillés par étape dans la suite de ce document.

F.4 GENERALITES SUR LES EXCLUSIONS

[Champ de l'étude 12 | Frontières, exclusion] ► Les trajets réalisés par les particuliers, ou par d'autres acteurs, en amont des points d'enlèvement sont exclus des frontières

L'étape correspondant au trajet effectué par les particuliers (ou par d'autres acteurs) jusqu'au point d'enlèvement est exclue du champ de l'étude. Les modalités de déroulement de cette étape (distance, chargement du véhicule, motif du déplacement) peuvent être extrêmement variables ; elles sont par ailleurs hors du champ de maîtrise des éco-organismes.

[Champ de l'étude 13 | Frontières, exclusion] ► Les infrastructures sont exclues des frontières

L'évaluation a été réalisée en excluant les infrastructures.

Ce choix a été opéré du fait d'un arbitrage entre l'ampleur du travail qui aurait été nécessaire afin d'intégrer cette composante de manière fiable (les solutions constructives peuvent être diverses, les surfaces occupées par les infrastructures d'une même catégorie d'activité peuvent varier de manière notable notamment en fonction des coûts fonciers, les facteurs d'amortissement à considérer peuvent être complexes à établir notamment lorsqu'un bâtiment a pu être utilisé successivement par diverses activités) et la valeur ajoutée d'une telle information relativement au système de gestion des déchets de premier plan que l'on cherche prioritairement à évaluer.

F.5 PRODUCTION D'ÉLECTRICITE

[Champ de l'étude 14 | Frontières, production d'électricité] ► La modélisation de l'électricité qui est consommée par les étapes de premier plan est conduite de manière aussi spécifique que possible compte tenu du niveau de visibilité concernant la localisation des différentes opérations successives

Le tableau ci-dessous récapitule, étape par étape, le mix électrique pris en considération concernant la consommation d'électricité de premier plan.

		Modélisation de l'électricité consommée par les étapes de premier plan
Collecte/regroupement		Non concerné car pas de consommation électrique de premier plan
Opérateur de rang 1	Traitement	Mix électrique modélisé de manière spécifique au pays de localisation : tous les opérateurs de traitement de rang 1 sont localisés en France, sauf un opérateur de traitement des T&L qui est en Belgique Le mix électrique français a été appliqué à l'ensemble des opérateurs qu'ils soient situés en métropole ou dans les DOM-COM.
Transport Op1-Op2		Non concerné car pas de consommation électrique de premier plan
Opérateur de rang 2	Si traitement	Mix électrique modélisé de manière spécifique au pays de localisation : la localisation des opérateurs de traitement de rang 2 est précisément connue pour la plupart des flux de DEEE étudiés. La grande majorité des opérateurs de traitement de rang 2 est localisée en France et dans des pays européens proches (Allemagne, Espagne, Belgique...) Dans le cas des DEEE professionnels froid pour lesquels une démarche de travail simplifiée a été mise en œuvre, il a été fait l'approximation d'une localisation des opérateurs de rang 2 en Europe et donc l'utilisation du mix électrique européen.
	Si massification	Non concerné car pas de consommation électrique de premier plan
	Si destinations finales	Cf. Destinations finales
Transport Op2-Op3		Non concerné car pas de consommation électrique de premier plan
Opérateur de rang 3	Si traitement post massification de rang 2	Mix électrique modélisé de manière spécifique au pays de localisation : sauf exception, le pays de localisation des opérateurs de traitement de rang 3 a été assimilé au pays de localisation des opérateurs de massification de rang 2.
	Si traitement post traitement de rang 2	Mix électrique modélisé de manière à refléter les hypothèses de marché considérées. Par exemple, pour un opérateur de traitement de rang 2 localisé en France générant une fraction « câbles » il a été considéré que 60 % des câbles étaient traités mécaniquement en France et 40 % en Asie ; le mix électrique considéré pour ces opérateurs de rang 3 correspond ainsi à 60 % d'un mix électrique français et 40 % d'un mix électrique chinois.
	Si destinations finales	Cf. Destinations finales
Transport Op3- Destinations finales		Non concerné car pas de consommation électrique de premier plan
Destinations finales	Si valorisation matière et/ou énergétique sauf incinération avec valorisation énergétique	Le comportement des matériaux étudiés dans ces différentes destinations finales (aciérie, affinerie de cuivre, affinerie d'aluminium, valorisation BTP, verrier...) sont modélisés à partir de données d'arrière-plan représentatives de la zone Europe
	Si stockage ou incinération avec valorisation énergétique	Mix électrique représentatif de la France, de l'Europe et de la Chine : dans le cas particulier du stockage et de l'incinération avec valorisation

		<p>énergétique, une distinction a pu être opérée entre les zones correspondant à la France, à l'Europe et à la Chine. Le mix électrique de chacune de ces zones a été pris en compte dans les modèles correspondants.</p> <p>Dans le cas des DEEE professionnels froid pour lesquels une démarche de travail simplifiée a été mise en œuvre, il a été retenu une localisation en France pour l'ISDND et l'UIDD et une localisation en Europe pour l'UIOM.</p>
--	--	---

TABEAU 2 – MODELISATION DE LA PRODUCTION D'ELECTRICITE CONSOMMEE PAR LES ETAPES DE PREMIER PLAN

Modélisation de l'électricité en France

Lors de la modélisation des flux de DEEE étudiés en 2017-2018 et de l'actualisation des flux de DEEE étudiés en 2015-2016, il a été décidé d'établir un ICV moyen pour la période 2015 à 2017.

Celui-ci n'étant pas directement disponible dans la base ecoinvent, un travail spécifique a été réalisé à partir :

- Des données productions annuelles publiées par RTE pour la France métropolitaine ;
- Des statistiques annuelles d'importation et d'exportation des flux physiques d'électricité entre la France et les pays voisins (Allemagne, Italie, Belgique, Suisse, Grande-Bretagne, Espagne, Luxembourg) ;
- Des ICV de production d'électricité haute tension disponible dans ecoinvent par mode de production (« nuclear », « natural gas, conventional power plant », « hydro, run-of-river », etc.).

Des hypothèses de pertes considérées par ecoinvent en ce qui concerne la transformation en électricité moyenne tension et son transport.

G. CRITERES DE COUPURE

[Champ de l'étude 15 | Frontières, critères de coupure] ► Aucun critère de coupure n'a été mis en œuvre dans l'étude des étapes de premier plan de la gestion des DEEE. Toutes les fractions produites à l'issue du traitement de rang 1 des DEEE et les émissions spécifiques et ressources consommées à chacune des étapes de la gestion des DEEE ont notamment été prises en compte.

Aucun critère de coupure, qu'il soit massif, énergétique ou environnemental, n'a été mis en œuvre dans l'étude des étapes de premier plan de la gestion des DEEE, notamment en ce qui concerne :

- L'étude de la gestion des fractions produites à l'issue du traitement de rang 1 des différentes catégories de DEEE étudiées : toutes les fractions, même quand elles représentent un pourcentage très minoritaire, ont été étudiées (cf. § 0).
- La prise en compte des émissions spécifiques et ressources consommées à chacune des étapes de la gestion en fin de vie des différentes catégories de DEEE étudiées : toutes les émissions et ressources consommées qui ont pu être identifiées ont été comptabilisées ; des pertes ainsi que des consommations de ressources ont également été prises en compte pour les étapes de massification.

Cette considération générale sur les critères de coupure dans l'étude des étapes de premier plan de la gestion des DEEE, n'exclut pas des imperfections potentielles :

- Des intrants matériels ou énergétiques, des émissions spécifiques ont pu être omises car n'ayant pas été identifiés malgré les efforts déployés pour couvrir au mieux les impacts des différentes opérations qui sont en jeu. En d'autres termes – ceci étant valable pour tous les travaux ACV –, la notion de critère de coupure est opératoire pour rendre compte de ce qui a été comptabilisé par rapport au périmètre des choses connues ; en revanche, le critère de coupure ne saurait rendre compte de ce qui a été comptabilisé par rapport au périmètre plus

général des choses connues et inconnues (par essence, le phénomène inconnu ne peut pas être comptabilisé dans ce qui n'est pas pris en compte puisqu'il est inconnu).

- Le fait que ce qui est connu a été pris en compte n'induit pas nécessairement que cette prise en compte ne présente par des limites au regard de certains impacts et qu'elle ne soit pas perfectible : à titre d'exemple, les émissions de particules des opérateurs de traitement de rang 1 ont été prises en compte ; toutefois, aucune donnée n'étant accessible en ce qui concerne la granulométrie de ces particules, celles-ci ont été modélisées sous une forme générique (*Emissions to air - particulates, unspecified*) : ceci donc constitue une limite du modèle au regard d'une prise en compte des effets respiratoires des particules. D'autres exemples pourraient être cités, plus particulièrement en ce qui concerne la modélisation du comportement des matériaux dans les destinations finales : le lecteur pourra se reporter à la section relative aux limites pour plus de précision (cf. Tableau 24).

H. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les travaux engagés visent à mettre à disposition des données de modélisation de la gestion des DEEE étudiés dans le cadre de la filière française. En tenant compte des limites qui sont rappelées en fin de synthèse (cf. Tableau 24), les futurs utilisateurs de ces données peuvent calculer les indicateurs environnementaux qu'ils souhaitent à partir de ces données.

Cette section vise toutefois à fournir aux utilisateurs un avis *a priori* sur le niveau de pertinence des différentes catégories d'impact dans le cadre de la gestion des DEEE.

Pertinence forte à très forte pour les ICV de gestion des DEEE	
<p>Climate change</p> <p>Acidification</p> <p>Photochemical ozone formation</p>	<p>La gestion des DEEE dans le cadre de la filière met en jeu diverses opérations impliquant une consommation directe de combustibles fossiles : étapes de collecte, de transport ainsi que la plupart des destinations finales (aciérie, affinerie de cuivre, verrier...) ; les opérations de gestion mobilisent également des intrants potentiellement incidents relativement à ces indicateurs (charbons actifs, azote, électricité...).</p> <p>La valorisation matière des DEEE implique également la production de matériaux secondaires qui se substituent à la production de matières premières qui sont elles-mêmes consommatrices de divers combustibles fossiles. De même une part des matériaux constitutifs des DEEE peut faire l'objet d'une valorisation énergétique (en incinération ou en cimenterie par exemple) qui évite de consommer des ressources énergétiques primaires.</p> <p>Les gaz de réfrigération mis en jeu dans le cas des GEMF et des DEEE professionnels froid et les gaz d'expansion mis en jeu dans le cas des GEMF, de certains DEEE professionnels froid et des GEMHF sont, selon la nature de ces gaz, potentiellement très contributeurs à l'effet de serre en cas d'émission directe : ceci est vrai pour les gaz historiquement utilisés et pour certains gaz encore utilisés dans la conception des DEEE professionnels froid; ce n'est toutefois plus le cas pour les gaz employés pour les appareils ménagers actuellement mis sur le marché.</p>
<p>Mineral, fossil & renewable resource depletion</p>	<p>Les équipements électriques et électroniques mobilisent de multiples ressources (différents métaux courants – acier, cuivre, inox magnétique et non magnétique, aluminium...– et différents métaux précieux, terres rares, ressources pétrolières entrant dans la fabrication des résines plastiques...).</p> <p>La gestion en fin de vie de ces équipements constitue donc une opportunité de production de diverses matières secondaires qui évitent l'exploitation de ressources primaires.</p>

<p>Particulate matter</p>	<p>Certaines opérations de traitement des DEEE peuvent être génératrices de poussières. Celles-ci ont été prises en compte avec une limite toutefois en raison de l'impossibilité de distinguer les poussières selon leur granulométrie (cf. Tableau 24).</p>
<p>Human, toxicity, cancer effects Human, toxicity, non-cancer effects Freswater ecotoxycity</p>	<p>La gestion des DEEE dans le cadre de la filière apporte des garanties sur l'extraction et la gestion dans les filières adéquates d'un nombre important de substances polluantes qui sont aujourd'hui présentes dans les DEEE (cf. § C.1). Toutefois, les aspects toxiques et écotoxiques peuvent malgré tout être mis en jeu de manière relativement directe :</p> <p>Cas du Hg : pour plusieurs flux de DEEE (T&L, Ecrans plats, PAM), des émissions directes de Hg peuvent avoir lieu notamment du fait de la casse susceptible de survenir en amont des opérateurs de traitement ou lors de l'extraction de certains composants contenant du Hg. Ces émissions ont été prises en compte.</p> <p>Cas des autres métaux : des émissions de particules métalliques ou de composés contenant des métaux peuvent avoir lieu à différentes étapes de la gestion des DEEE (émissions de métaux sous forme de particules lors des étapes de traitement, émissions de composés métalliques traces lors des opérations finales de valorisation ou par lixiviation en cas de stockage...). Ces émissions ont été prises en compte dans les limites posées à la fois par la disponibilité des connaissances et la complexité des phénomènes en jeu.</p> <p>Autres composés : d'autres substances, notamment organiques, peuvent potentiellement être mises en jeu dans le cadre des différentes opérations de gestion des DEEE dans le cadre de la filière. Ces émissions, qui peuvent notamment être générées par les vernis, peintures, adjuvants associés aux matériaux principaux des DEEE, n'ont pas, sauf exception pour les émissions traces de dioxines lors des opérations de combustion de composés chlorés, pu être quantifiées dans le cadre de ce projet compte tenu des données qui seraient nécessaires pour procéder à cette évaluation et de la complexité des phénomènes en jeu.</p> <p>De manière générale, les utilisateurs devront se reporter aux limites formulées sur l'évaluation des impacts toxiques et écotoxiques (cf. Tableau 24) afin d'éviter toute interprétation abusive/erronée des résultats obtenus.</p> <p>Certaines de ces substances polluantes qui sont encore aujourd'hui présentes dans les DEEE n'ont pas été étudiées car elles n'entrent plus, c'est le cas des PCB par exemple, dans la fabrication des équipements électriques et électroniques mis sur le marché qui respectent la RoHS.</p>
<p>(Ozone depletion)</p>	<p>Le cas de la destruction d'ozone est particulier : cet indicateur s'avère très pertinent dans le cadre de certains gaz de réfrigération ou d'expansion historiquement utilisés dans les GEMF (CFC-12 et CFC-11) et qu'on trouve encore dans ces équipements électriques et électroniques arrivant aujourd'hui en fin de vie.</p> <p>En revanche, cet indicateur n'a pas de pertinence dans le cas des appareils actuellement mis sur le marché dans la mesure où ces gaz ne sont plus employés.</p>
<p>Pertinence faible ou moyenne pour les ICV de gestion des DEEE</p>	
<p>Water resource depletion</p>	<p>Les opérations de gestion des DEEE ne présentent pas d'enjeu de consommation d'eau en premier plan. L'incidence sur la consommation d'eau dans le cadre de la filière provient donc :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De manière indirecte des intrants qui sont mobilisés par les opérations de premier plan (par exemple la production d'électricité ou la consommation de carburants) ;

	– Du bilan associé aux destinations finales lors des opérations de valorisation énergétique ou matière.
Terrestrial eutrophication Marine eutrophication Freswater eutrophication	De même que pour la consommation d'eau, les opérations de gestion des DEEE ne présentent pas d'enjeu de premier plan en termes de contribution à l'eutrophisation via des émissions directes dans les effluents ou dans les sols. La seule incidence directe des différentes opérations est liée aux émissions d'oxydes d'azote (NO ₂ et NO _x) qui sont associées à l'utilisation directe de ressources énergétiques, ces émissions étant susceptibles de jouer sur l'eutrophisation terrestre et marine. Comme dans le cas de la consommation d'eau, une incidence sur ces trois indicateurs pourrait par ailleurs être liée à des intrants qui sont mobilisés par les opérations de premier plan ou par le bilan des destinations finales lors des opérations de valorisation énergétique et matière.
Ionizing radiation HH Ionizing radiation E	Les flux de DEEE qui ont été étudiés dans le cadre de ces travaux ne présentent pas d'enjeu direct en termes de radiation ionisantes. L'incidence sur ces indicateurs est donc exclusivement associée aux inventaires d'arrière-plan qui ont été exploités dans le cadre de la modélisation.

Non applicable pour les ICV de gestion des DEEE

Land Use	L'utilisation d'espace associée à la gestion des DEEE ne peut pas être évaluée via les ICV mis à disposition.
----------	---

TABLEAU 3 – EVALUATION DE LA PERTINENCE DES DIFFERENTS INDICATEURS D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LE CADRE DE LA GESTION DES DEEE

I. ANALYSE DE SENSIBILITE POUR L'AFFINAGE DES FRONTIERES DU SYSTEME

Dans la mesure où les étapes prises en compte dans la description de la gestion des DEEE sont considérées comme exhaustives au regard de l'ensemble de la chaîne de traitement depuis la phase de collecte jusqu'aux destinations finales, aucune investigation supplémentaire n'a été mise en œuvre en ce qui concerne l'affinage des frontières du système en dehors de celles qui ont conduit à intégrer les « pertes amont » dans le cas :

- Du mercure des T&L ;
- Des gaz réfrigérants et de l'huile des GEMF et des DEEE professionnels froid.

J. EXIGENCES RELATIVES A LA QUALITE DES DONNEES

Pour ces travaux, les exigences de qualité visées sont celles définies pour le niveau « entry-level » de l'ILCD, en d'autres termes le respect des exigences de l'ISO 14 044 : 2006.

Les critères que nous avons ainsi considérés pour définir les exigences et pour évaluer la qualité finalement atteinte des données sont les suivants :

- **Représentativité géographique** : les données produites et diffusées visent à représenter la gestion en fin de vie des couples matériau/flux de DEEE étudiés dans le cadre de la filière DEEE française, celle-ci n'excluant pas que certaines opérations aval aux opérations de dépollution et de traitement de rang 1 se déroulent dans d'autres pays européens ou en Asie.

Il s'agit donc de représenter une gestion moyenne nationale pour la France. Les données produites ne sont en revanche pas destinées à représenter un contexte géographique local spécifique tel que la gestion des DEEE collectés dans un département donné (ex : Loire), dans

une collectivité donnée (ex : Mâcon), dans les DOM-COM, etc. En effet, un contexte local est susceptible de s'écarter sensiblement de la gestion moyenne nationale.

Remarques concernant la collecte et les opérations de rang 1 organisés dans les DOM-COM :

En ce qui concerne la collecte des DEEE, les flux collectés dans les DOM-COM ont été pris en compte.

Dans le cas particulier des DEEE professionnels froid, pour lesquels les opérateurs de rang 1 situés dans les DOM-COM peuvent représenter à date une proportion significative des tonnages traités, les spécificités de traitement ont été prises en compte uniquement en ce qui concerne la gestion des gaz d'expansion présents dans les mousses polyuréthane de ces équipements. Pour plus de détail, le lecteur pourra se référer à la section Q du présent rapport.

Pour les autres flux étudiés, les opérateurs de rang 1 situés dans les DOM-COM traitent une proportion limitée des tonnages (moins de 2%) et n'ont pas été pris en compte dans le cadre de ces travaux.

- **Représentativité technologique** : les technologies de traitement/valorisation des DEEE sont susceptibles de connaître des évolutions d'ici à la fin de vie effective des équipements mis sur le marché à l'heure actuelle, cet horizon de temps étant variable selon les familles d'équipements (de quelques années à quelques dizaines d'années) et probablement au sein d'une même famille d'équipements.

Toutefois, il a été jugé non souhaitable et non réaliste de représenter de manière prospective les possibles évolutions technologiques pouvant intervenir à l'avenir. En effet :

- les procédés qui seront utilisés et les voies de valorisation qui seront mobilisées d'ici à 5, 10, 15 ou 30 ans et plus ne sont pas formellement connus (ce qui est normal et n'est pas particulier à la filière DEEE) ;
- le recours à des approches consistant à retenir des Best Available Technologies, outre le fait que celles-ci ne sont pas forcément définies, pourrait conduire à une vision idéalisée des performances futures.

Pour cette raison, les ICV de gestion des DEEE professionnels établis dans le cadre de ce projet visent à être représentatifs des différentes technologies actuelles de traitement/valorisation qui peuvent s'appliquer dans le cadre de cette filière telle qu'elle est organisée par ESR ainsi que l'éventail des destinations finales qui peuvent être atteintes par les couples matériau/flux de DEEE étudiés. En corollaire, la durée de validité des ICV est déterminée en tenant compte du niveau de maturité des procédés de traitement des différents flux de DEEE étudiés.

- **Représentativité temporelle** : Pour les raisons évoquées précédemment dans la section dédiée à la représentativité technologique, les données produites et diffusées visent à refléter la gestion en fin de vie actuelle des couples matériau/flux de DEEE étudiés.

Compte tenu du séquençage des travaux, la période effectivement prise en compte pour l'ensemble des flux étudiés est la période (2014-2017).

Dans le cas des plastiques, pour lesquels des évolutions réglementaires ont eu lieu sur la période de réalisation de ces travaux, ESR a établi des projections sur les évolutions connues et anticipables qui s'appliqueront dès la mi-2018. Les ICV des plastiques des différents flux de DEEE ménagers et professionnels ont ainsi été établis en tenant compte de ces évolutions.

Afin de définir la période de validité des ICV, les éléments suivants ont été pris en compte :

- *Possibles évolutions technologiques chez les opérateurs de rang 1* : les prochains appels d'offre portant sur le choix des opérateurs de rang 1 devraient être organisés en 2020 pour une mise en œuvre probablement l'année suivante. En cas de changement notable de technologies en lien avec la sélection des opérateurs, le ou les

changements concernés ne seront effectifs qu’à partir de l’année 2021 et la collecte des données associée interviendra au plus tôt en 2022 ;

- *Possibles évolutions réglementaires* : à l’exception du cas des plastiques (cf. ci-dessus), ESR n’a pas à date, c’est-à-dire en 2018, de visibilité sur de possibles évolutions réglementaires de nature à engendrer des évolutions majeures dans la gestion des DEEE. Si de telles évolutions devaient survenir, plusieurs années seront probablement nécessaires avant une entrée en vigueur de ces évolutions ;
- *Cas des DEEE professionnels* : bien que les données recueillies pour les DEEE professionnels portent sur des années plus récentes que dans le cas des DEEE ménagers, il semble pertinent d’aligner leur période de validité sur celle des flux ménagers en raison : (i) des évolutions attendues en termes de progression des tonnages collectés et d’adaptation des modalités de traitement ; (ii) du recours à des ICV ménagers pour établir les ICV des DEEE professionnels froid.

Compte tenu des éléments exposés ci-dessus, les différents ICV produits sont considérés comme valides pour la période 2014-2022 ; comme précisé au regard de l’objectif de pérennité de la base de données, leur représentativité sera réévaluée périodiquement, soit aux alentours de 2021 (cf. § B.2).

- **Cohérence** : les données produites et diffusées sont nombreuses et reposent potentiellement sur des valeurs, des paramètres, des hypothèses, des données d’arrière-plan qui interviennent de manière transversale : la prise en compte de ces éléments transversaux doit être conduite de manière à assurer un très bon niveau de cohérence et de prévenir l’introduction de biais.

La gestion en fin de vie d’un couple matériau/flux de DEEE dans le cadre de la filière française met en jeu une arborescence complexe de différentes opérations de traitement et de transport depuis la collecte jusqu’aux destinations finales (Figure 2).

Les exigences ont ainsi été déclinées étape par étape.

		Exigences de qualité des données
Collecte/regroupement		
Process principal	Paramètres clés : Distances parcourues, modes de transport, taux de charge, gabarits des PL, modalités de conditionnement, taux de retour à vide	<u>Données spécifiques par catégories de DEEE</u> : Représentatives de la période 2014-2017 Couvrant au moins 90 % du tonnage collecté pour chaque flux de DEEE.
	Autres paramètres : NC	NC
Autres process	Emissions de combustion des véhicules routiers / du transport maritime	<u>Données génériques</u> : Représentatives du parc PL roulant France pour le transport routier en 2014-2017 Représentatives du transport maritime à l’échelle globale pour la période 2014-2017
Traitement de rang 1		
Process principal	Paramètres clés : Nature et quantité des fractions générées par chaque opérateur Composition des fractions générées par chaque opérateur	<u>Données spécifiques récentes par opérateur</u> : Représentatives de la période 2014-2017 <u>Cas des DEEE professionnels froid</u> : moindre niveau d’exigence recherché en termes de qualité des ICV comparativement aux DEEE ménagers. Une démarche simplifiée reposant sur les ICV DEEE ménagers est recherchée.

		Exigences de qualité des données
	Autres paramètres : Intrants énergies et matériels, émissions spécifiques	<u>Données spécifiques par opérateur :</u> Représentatives de la période 2014-2017 <u>Cas des DEEE professionnels froid :</u> moindre niveau d'exigence recherché en termes de qualité des ICV comparativement aux DEEE ménagers. Une démarche simplifiée reposant sur les ICV DEEE ménagers est recherchée.
Autres process	Profil électricité, production azote liquide, gazole non routier, etc.	<u>Données génériques :</u> Electricité : mix spécifique par pays, représentative de la période 2014-2017 Autres intrants : données représentatives Europe pour la période 2014-2017
Transport Opérateur 1 – Opérateurs 2*		
Process principal	Paramètres clés : Distances parcourues, modes de transport	<u>Données spécifiques par fraction et par opérateur :</u> Représentative de la période 2014-2017 Couvrant 100 % de chaque fraction de chaque opérateur
	Autres paramètres : Taux de charge, gabarits des PL, modalités de conditionnement, taux de retour à vide	<u>Donnée spécifique par type de fraction sortante :</u> Représentative de la période 2014-2016/7
Autres process	Emissions de combustion des véhicules routiers / du transport maritime	<u>Données génériques :</u> Représentatives du parc PL roulant Européen pour le transport routier en 2014-2017 Représentatives du transport maritime à l'échelle globale pour la période 2014-2017 Une part très marginale des distances routières sont effectuées en Asie (Pakistan et Chine) : les spécificités des modèles de transport qui seraient à associer à ces trajets ne sont pas prises en compte
Traitements de rang 2 et ultérieurs*		
Process principal	Paramètres clés : Nature de l'activité exercée par l'opérateur de rang 2 et pays d'implantation	<u>Données spécifiques pour chaque opérateur de rang 2 identifié</u> Représentative de la période 2014-2017
	Autres paramètres : Intrants énergies et matériels taux de perte, taux d'extraction	<u>Données génériques par type d'activité</u> Représentative de la période 2014-2017
Autres process	Profil électricité, gazole non routier, etc.	<u>Données génériques :</u> Electricité : mix spécifique par pays, représentative de la période 2014-2017 Autres intrants : données représentatives Europe pour la période 2014-2017
Transport aval aux opérateurs de rang 2*		
Process principal	Paramètres clés : Distances parcourues, mode transport	<u>Données génériques de marché par type de déchets</u> Représentatives de la période 2014-2017
	Autres paramètres : Taux de charge, gabarits des PL, modalités de conditionnement, taux de retour à vide	<u>Données génériques par type de déchets</u> Représentatives de la période 2014-2017

		Exigences de qualité des données
Autres process	Emissions de combustion des véhicules routiers / du transport maritime	<p><u>Données génériques</u> :</p> Représentatives du parc PL roulant Européen pour le transport routier en 2014-2017 Représentatives du transport maritime à l'échelle globale pour la période 2014-2017 <p>Une part très marginale des distances routières est effectuée en Chine : les spécificités des modèles de transport qui seraient à associer à ces trajets ne sont pas prises en compte</p>
Destinations finales		
Process principal	Paramètres clés : Nature des destinations finales atteintes par couple matériau/flux de DEEE	<p><u>Données spécifiques pour chaque couple matériau/flux de DEEE</u> :</p> Représentatives de la période 2014-2017
	Paramètres/données clés : Modélisation spécifique du comportement des matériaux dans chaque destination finale concernée sur la base de leurs caractéristiques clés	<p><u>Données représentatives des matériaux étudiés pour chaque destination finale</u> :</p> UIOM/ISDND : représentatives des zones spécifiques France, Europe, Chine pour la période 2014-2017 Autres destinations : représentatives à l'échelle Europe et pour la période 2014-2017. Il aurait été intéressant pour ces autres destinations finales de pouvoir les spécifier par zones géographiques : toutefois l'ampleur du travail requis et les données disponibles ne permettaient pas d'engager une telle démarche.

TABLEAU 4 – EXIGENCES DE QUALITE DES DONNEES DANS LE CADRE DES TRAVAUX

* Pour ces étapes, dans le cas particulier des DEEE professionnels froid pour lesquels un moindre niveau de qualité est recherché, il s'agit de s'appuyer sur les données moyennes de consommations d'électricité et de carburants préalablement établies à l'échelle de l'ensemble de ces étapes pour le GEMF, le PAM et le GEMHF (ces différents procédés étant mobilisés pour le traitement de ces DEEE professionnels).

INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE

K. ORGANISATION DE LA SECTION

K.1 CONTENU DE LA PRESENTATION DETAILLEE PAR ETAPES

Cette section détaille, étapes par étapes :

- L'enjeu clef de modélisation relatif l'étape concernée ;
- Données d'activité : leur nature, leur source ainsi que le cas échéant la procédure de validation, les règles d'affectation et le traitement de ces données ;
- Données d'inventaire d'arrière-plan exploitées : la nature et la source des données d'inventaire d'arrière-plan exploitées ;
- La qualité des données et leur adéquation aux exigences.

K.2 FOCUS SUR LA DEMARCHE DE VALIDATION DES DONNEES

[Données 1] Principales données d'activité et Démarche de validation ► Diverses procédures de validation des données permettant d'établir les destinations finales des matériaux et les étapes successives à considérer entre le rang 1 et ces destinations finales ont été mises en œuvre

Une attention particulière a été portée à la validation des données d'activité.

Le présent paragraphe souligne quelques points clefs des principales procédures de validation mises en œuvre ; d'autres aspects relatifs aux procédures de validation mises en œuvre sont également présentés dans les sections relatives à chacune des étapes.

Activité assurée par les opérateurs de rang 2 :

La nature de l'activité exercée par les opérateurs de rang 2 ainsi que leur localisation géographique ont fait l'objet d'une vérification systématique de leur vraisemblance à partir de données publiquement disponibles concernant les repreneurs désignés. Outre l'harmonisation des données à considérer pour un même repreneur, ce travail a permis de conforter les données relatives :

- Aux distances de transport à prendre en compte entre le rang 1 et le rang 2 ;
- Aux étapes successives à prendre en compte depuis le rang 1 jusqu'aux destinations finales

Composition des fractions produites par les opérateurs de rang 1 :

En fonction des modalités d'obtention des données de composition des fractions sortantes de chez les opérateurs de rang 1, un travail de validation de ces données a été entrepris en s'appuyant sur :

- L'expertise des spécialistes « traitement » d'ESR ou d'experts externes ;
- Les rapports de caractérisation disponibles pour les différents opérateurs de traitement, ces rapports incluant notamment des photographies permettant d'apprécier visuellement les matériaux présents dans une fraction.

La composition moyenne de chacun des flux de DEEE étudiés a été calculée à partir des données de composition des fractions et des tonnages relatifs à chacune des fractions. Cette composition a pu être comparée avec d'autres sources d'information visant à décrire la composition matière des DEEE, et en particulier :

- Les données établies par ESR au travers d'un programme d'analyse conduit depuis plusieurs années et visant à établir la composition des produits qui constituent les flux de DEEE ménagers ;
- Des données de composition issues de la bibliographie (ex : Etudes conduites dans le cadre de la mise en place de la Directive EuP, données des Fédérations industrielles, etc.).

Ce travail de rapprochement a permis d'affiner le travail de collecte de données de composition des fractions ou de mettre en avant les éventuelles fragilités dans les données prises en compte (cas de certains flux dont la collecte est encore récente).

L. LOGISTIQUE AMONT

[Enjeu Clef de Modélisation 2] Logistique amont ► Etablir une description quantifiée du déroulement de la logistique amont en termes de distances parcourues, de modes de transport, de gabarits de PL et de leur taux de charge dans le cas du transport routier

Pour les flux de DEEE ménagers et les DEEE professionnels froid, la logistique amont est intégralement organisée par ESR.

Dans le cas des autres flux de DEEE professionnels, les phases de collecte et de regroupement sont pour une partie plus ou moins significative directement organisées par les opérateurs de rang 1 ou d'autres gestionnaires de déchets. On notera que la logistique amont des moteurs industriels et des onduleurs professionnels est ainsi principalement organisée par les gestionnaires de déchets travaillant avec ESR.

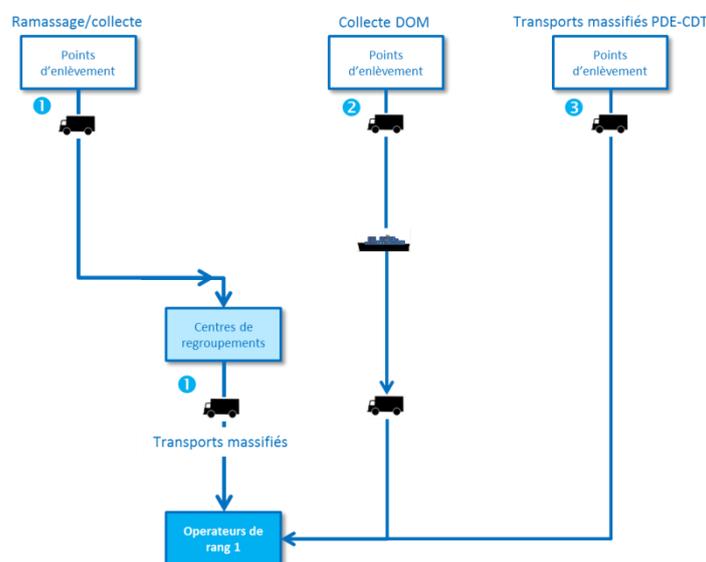


FIGURE 5 – SCHEMA DE PRINCIPE DE LA LOGISTIQUE AMONT DES DEEE ORGANISEE PAR ESR

La figure ci-avant montre la structuration générale de la logistique amont relative aux DEEE étudiés dans le cas d'une logistique organisée par ESR :

- **Branche 1 – ramassage/collecte puis transport massifié entre les centres de regroupement (CDR) et les centres de traitement (CDT) :** cette logistique en deux étapes consiste tout d'abord dans une collecte non massifiée multi-flux puis dans une étape de transport massifié mono-flux : la collecte non massifiée permet de collecter les DEEE auprès des points d'enlèvements et permet de les acheminer jusqu'aux centres de regroupement ; le transport massifié qui suit cette première étape permet d'acheminer les différents flux de DEEE vers les centres de traitement.
- **Branche 2 - collecte dans les DOM auprès des points d'enlèvement (PDE) puis transport jusqu'aux centres de traitement (CDT) en métropole :** cette logistique se découpe en trois étapes principales : une étape de collecte non massifiée qui permet de collecter les DEEE auprès des points d'enlèvement ; cette étape est suivie par une phase de transport maritime puis une nouvelle phase de transport routier permettant d'acheminer les différents flux de DEEE depuis les ports d'arrivée vers les centres de traitement.

- **Branche 3 - collecte/transport massifiés directs entre les points d'enlèvements (PDE) et les centres de traitement (CDT) :** une partie des flux peut être collectée de manière massifiée et monoflux et directement transportée vers les centres de traitement sans passer par les centres de regroupement.

Ce schéma de principe général s'applique à chacun des flux de DEEE étudié. Ces caractéristiques (tonnage concerné, distances, gabarit des PL...) ont été déclinées de manière spécifique en considérant les données d'activité propres à chacun des flux étudiés.

De manière similaire à la logistique organisée par ESR, la logistique amont est directement organisée par les gestionnaires de déchets, celle-ci peut reposer : (i) sur des transports directs depuis les points d'enlèvement jusqu'aux opérateurs de rang 1 ; (ii) sur une collecte puis une massification en centre de regroupement avant acheminement chez les opérateurs de rang 1.

L.1 DONNEES D'ACTIVITE

[Données 2 | Logistique amont ✕ Nature des données d'activité] ► Tonnage en jeu, distances, gabarit des PL, taux de charge, taux de retour à vide, modalités de conditionnement

Pour chacune des trois grandes branches de la logistique amont et de manière spécifique pour chacun des flux de DEEE étudiés, les données d'activité suivantes ont été établies :

- **Tonnage concerné par chacune des trois branches :** de manière générale, la majeure partie du tonnage de chacun des flux de DEEE est collectée selon les modalités de la branche 1 (Ramassage, regroupement et transport massifié jusqu'aux opérateurs de traitement de rang 1) ;
- **Gabarit des véhicules routiers utilisés sur chacune des branches :** plusieurs gabarits de PL peuvent être exploités à chacune des sous-étapes ; les gabarits des PL sont globalement moins importants sur l'étape de ramassage que sur les autres étapes ;
- **Taux de charge :** le taux de charge – représentant le ratio entre la charge effective des PL et la charge utile – a été pris en compte ; ce facteur a une influence sur les performances du transport en termes de consommation de carburant par tonne transportée (§.L.2.1) ;
- **Taux de retour à vide des véhicules routiers :** le taux de retour à vide des véhicules routiers a également été pris en compte ; de même que le taux de charge, ce facteur a une influence sur les performances du transport en termes de consommation de carburant par tonne transportée (§.L.2.1) ;
- **Modalités de conditionnement :** certains flux de DEEE étudiés sont transportés sans conteneurs (ex : moteurs, GEP&Mobiles bâtiment et médical, etc.). Pour d'autres flux de DEEE étudiés, diverses modalités de conditionnement peuvent être mises en jeu : conteneurs PE, conteneurs PP, conteneurs carton, box-palette... . Le cas échéant, ces solutions de conditionnement ont été prises en compte en distinguant les solutions à usage unique et les solutions réutilisables pour lesquelles le nombre de rotations sur leur durée de vie a été estimé.

[Données 3 | Logistique amont ✕ Hypothèses] ► Dans le cas des DEEE ménagers, de rares hypothèses ont été nécessaires pour pallier l'absence de quelques données d'activité ; ces hypothèses portent sur des aspects non critiques.

Pour les DEEE professionnels pour lesquels la collecte est pour partie directement organisée par les gestionnaires de déchets, il a été nécessaire de recourir à des hypothèses ou des approximations pour des paramètres clés.

La complétude et la précision des données d'activité qui ont été collectées et traitées relativement à la description de la logistique amont est considérée comme excellente pour les flux majoritairement collectés par ESR. Ainsi, dans le cas des DEEE ménagers, de rares hypothèses ont été nécessaires pour

comblent quelques lacunes ; ces hypothèses portant par ailleurs sur des aspects de moindres enjeux, par exemple :

- pour certaines catégories de DEEE, la phase de ramassage dans les DOM/TOM n'étant pas disponible, celle-ci a été assimilée à la phase de ramassage en métropole : cette description portant sur un pourcentage marginal (< 3%) du tonnage collecté, elle est considérée comme peu incidente ;
- le taux de retour à vide n'a pas toujours pu être documenté de manière spécifique : dans ce cas, les valeurs de retour à vide représentatives de la moyenne nationale pour le gabarit de PL considéré ont été prises en compte ; ces données sont issues du Guide des facteurs d'émission version 6.1 de 2010 de la méthode Bilan Carbone de l'Ademe.

Dans le cas des DEEE professionnels pour lesquels la logistique est pour une partie significative organisée par les gestionnaires de déchets, il a été nécessaire d'établir des approximations et des hypothèses avec l'appui de certains opérateurs. Celles-ci ont notamment porté sur :

- le(s) gabarit(s) de camion le(s) plus fréquemment utilisé(s) lors des différentes étapes ainsi que les charges moyennes transportées ;
- les distances moyennes parcourues dans la mesure où celles-ci ne sont pas systématiquement suivies par les opérateurs (ex : cas de collecte sous-traitée à des prestataires externes).
- Enfin, les taux de retour à vide n'étant jamais connus de manière spécifique, des valeurs de retour à vide représentatives de la moyenne nationale pour le gabarit de PL considéré ont été prises en compte.

[Données 4 | Logistique amont ▫ Source et représentativité des données d'activité] ► Données internes ESR et données recueillies par entretiens auprès des gestionnaires de déchets ; les données exploitées couvrent près de 100 % des tonnages collectés par ESR ou par les gestionnaires de déchets ; les données sont représentatives de 2014, de 2015, de 2016 ou de 2017 selon les flux de DEEE étudiés.

Flux de DEEE	Année de référence
GEMF	2014
T&L	2014
PAM	2014
GEMHF	2014
ECRANS Plats	2014
BAES	2015
PEP Med & Bât	2015
GEP&Mobiles Med & Bât	2016
Luminaires professionnels	2016
Onduleurs professionnels	2016
Moteurs industriels	2017
DEEE professionnels froid	2017

TABLEAU 5 – ANNEE DE REFERENCE DES DONNEES D'ACTIVITE DE LA LOGISTIQUE AMONT

Les DEEE ménagers GEMF, T&L, PAM et GEMHF constituent des flux dont la collecte est considérée comme relativement mature ; les données collectées concernant la logistique amont ne devraient pas notablement évoluer au cours des années à venir.

Les Ecrans Plats et les différents DEEE professionnels étudiés font l'objet d'une collecte plus récente avec une montée en puissance des tonnages dans les années à venir ; de ce fait le besoin d'actualisation des données de logistique amont de ces flux pourrait intervenir à une échéance plus courte que pour les flux ménagers précédents.

L.2 TRAITEMENT DES DONNEES/ELEMENTS DE METHODE

L.2.1 TRAITEMENT DES DONNEES

[Données 5 | Logistique amont ↔ Traitement des données] ► Le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide

La formule mise en œuvre pour calculer la consommation d'un poids lourd en fonction de son taux de charge, du taux de retour à vide et de la distance parcourue est la suivante⁴ :

$$\text{Consommation} = \text{distance} \times \text{consommation (pleine charge)} \times \left[\frac{2}{3} \times (1 + R) + \frac{1}{3} \times \frac{C_r}{C_u} \right]$$

Avec :

Consommation : consommation effective du camion sur la distance parcourue et compte tenu de son taux de chargement ; cette consommation est en litres.

Distance : distance parcourue par le camion ; cette distance est en km.

Consommation (pleine charge) : consommation du camion en pleine charge ; cette consommation est en litres/km.

R : taux de retour à vide.

C_r : charge réelle transportée par le camion.

C_u : charge utile transportée par le camion.

Les données relatives à l'estimation de la consommation en pleine charge pour les différents gabarits de PL sont issues de travaux de l'Ademe [10].

L.2.2 AFFECTATION

▪ Affectation entre différents flux de DEEE

[Données 6 | Logistique amont ↔ Affectation massique] ► Pour les étapes communes à plusieurs flux de DEEE, une affectation massique des impacts est réalisée entre les flux

Au cours de la logistique amont, le ramassage auprès des points d'enlèvement peut concerner différentes catégories de DEEE qui sont collectées en mélange – par exemple, les écrans plats sont collectés en mélange avec les écrans CRT : dans ce cas, les impacts de l'étape de ramassage sont affectés de manière massique entre les écrans plats et les écrans CRT.

▪ Affectation entre les différents matériaux d'un même flux de DEEE

[Données 7 | Logistique amont ↔ Affectation massique] ► Les impacts associés à la logistique amont d'une catégorie de DEEE donnée sont affectés de manière massique entre les matériaux constitutifs de cette catégorie de DEEE

Une catégorie de DEEE donnée est constituée de plusieurs matériaux. Dans la mesure où la granularité objet des travaux se situe à une échelle matériau/flux de DEEE, toutes les étapes de logistique sont concernées par une problématique d'affectation entre les différents matériaux constitutifs d'une

⁴ Cette formule est issue de la NF P01-010 sur la Qualité environnementale des produits de construction ; elle est très proche de la formule utilisée dans le cadre de Copert III et préconisée par l'Ademe dans le cadre de la méthode Bilan Carbone.

catégorie donnée de DEEE : les impacts associés à la logistique amont d'une catégorie de DEEE donnée ont été affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette catégorie.

L.3 DONNEES D'INVENTAIRE D'ARRIERE-PLAN

[Données 8 | Logistique amont & Source des données d'inventaire d'arrière-plan] ► Les données d'inventaire d'arrière-plan sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off.

Les différentes données d'inventaire exploitées pour modéliser la logistique amont (transport et solutions de conditionnement) sont des données d'inventaire *ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off* telles que mises à disposition sous Simapro.

Dans le cas du transport routier, un inventaire *ad hoc*, couvrant la production et la combustion d'un litre de diesel, a été construit à partir des données d'inventaire *ecoinvent* de manière à tenir compte de la répartition en 2015 du parc moyen de PL en France selon les différentes normes Euro.

Cet inventaire *ad hoc* a été utilisé pour modéliser la logistique amont de l'ensemble des flux de DEEE étudiés.

L.4 QUALITE DES DONNEES ET ADEQUATION VIS-A-VIS DES EXIGENCES

Le tableau ci-dessous présente notre évaluation qualitative de la qualité des données et précise si les exigences de qualité préalablement définies ont été atteintes.

		Rappel des exigences	Atteintes des exigences / commentaires
Logistique amont (collecte/regroupement)			
Process principal	Paramètres clés : Distances parcourues, modes de transport, taux de charge, gabarits des PL, modalités de conditionnement, taux de retour à vide	<u>Données spécifiques par catégories de DEEE :</u> Représentatives de la période 2014-2017 Couvrant au moins 90 % du tonnage collecté pour chaque flux de DEEE	Les exigences ont été atteintes, en recourant toutefois à des approximations pour les flux collectés par les gestionnaires de déchets et à des données génériques pour quelques paramètres ponctuels (ex : taux de retour à vide)
	Autres paramètres : NC	NC	NC
Autres process	Emissions de combustion des véhicules routiers / du transport maritime	<u>Données génériques :</u> Représentatives du parc PL roulant France pour le transport routier en 2014-2017 Représentatives du transport maritime à l'échelle globale pour la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes

TABLEAU 6 – LOGISTIQUE AMONT : EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES ET ATTEINTES DES EXIGENCES

M. TRAITEMENT PAR LES OPERATEURS DE RANG 1

[Enjeu Clef de Modélisation 3 | Traitement de rang 1] ► Les deux enjeux clefs de cette étape sont : 1/quantifier les intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions spécifiques dans l'environnement associées au traitement de rang 1 ; 2/quantifier la façon dont chacun des matériaux étudiés se distribue entre les différentes fractions qui sortent du traitement rang 1

Les opérateurs de traitement de rang 1 sont prioritairement en charge des opérations de dépollution des DEEE ; dans le cas des flux ménagers et d'une partie des DEEE professionnels, ils conduisent également une suite d'opérations consistant en de l'éclatement, du broyage et dans la mise en œuvre de diverses techniques de séparation (criblage, aéroulque, densimétrique, par overband ou par poulie magnétique, par courant de Foucault...) permettant d'atteindre un certain niveau de séparation entre les matériaux. Ces procédés de traitement sont spécifiques à chaque flux de DEEE ; ils peuvent également varier, pour un même flux de DEEE, selon les opérateurs.

Dans le cas de certains DEEE professionnels tels que les GEP & Mobiles médical et bâtiment, les onduleurs et les luminaires, les opérations conduites par tout ou partie des opérateurs suite à la dépollution consistent en un démantèlement manuel.

Concernant le cas particulier les moteurs industriels, les opérateurs de rang 1 réalisent uniquement une massification des flux.

A l'issue de ce traitement de rang 1 sont ainsi produites différentes fractions, plus ou moins nombreuses selon les catégories de DEEE et pour une même catégorie de DEEE selon l'organisation du traitement chez chacun des opérateurs, qui consistent, sauf exception, dans des mélanges plus ou moins complexes entre différents matériaux et composants.

Flux de DEEE	Nombre de fractions étudiées	% massique des fractions	
		Max	Min
GEMF	11 fractions	≈ 43 %	≈ 0,2 %
T&L	9 fractions	≈ 75 %	≈ 1 %
PAM	20 fractions	≈ 31 %	≈ 0,003 %
GEMHF	21 fractions	≈ 47 %	≈ 0,01%
ECRANS Plats	16 fractions	≈ 25 %	≈ 0,2 %
BAES	11 fractions	≈ 37 %	≈ 0,03 %
PEP Med & Bât	13 fractions	≈ 31 %	≈ 0,6 %
GEP&Mobiles Med & Bât	11 fractions	≈ 59 %	≈ 0,2 %
Luminaires professionnels	10 fractions	≈ 27 %	≈ 0,05 %
Onduleurs professionnels	7 fractions	≈ 24 %	≈ 0,3 %
Moteurs industriels	Massification en rang 1 uniquement		
DEEE professionnels froid	Fractions non étudiées de manière spécifique, démarche simplifiée de modélisation, voir § Q		

TABLEAU 7 – FRACTIONS ISSUES DU TRAITEMENT DE RANG 1 DES DEEE ETUDIÉES

Le tableau ci-dessus synthétise le nombre de fractions qu'il a été nécessaire d'étudier pour chacune des catégories de DEEE. Ce tableau montre également que la proportion massique des différentes fractions est extrêmement variable : par exemple, pour les T&L, la fraction la plus importante représente environ 75 % du tonnage sortant et la fraction la moins importante environ 1 % du tonnage.

Les DEEE professionnels froid constitue un cas particulier, une démarche simplifiée de modélisation ayant été mise en œuvre pour ces flux (voir § Q).

[Champ de l'étude 16 | Critères de coupure ✕ Etudes des fractions] ► Aucun critère de coupure n'a été appliqué en ce qui concerne la prise en compte des fractions produites par les opérateurs de rang 1 ; la composition et la gestion des fractions, mêmes les plus minimes, ont été étudiées

Il importe de noter que, compte tenu de la diversité des matériaux étudiés, il n'était pas possible – sauf à risquer de biaiser les résultats de manière non quantifiable a priori – de négliger l'étude de fractions même très minoritaires en masse.

En effet, une fraction, même très minoritaire, peut jouer un rôle important pour un matériau donné ; par exemple, pour chacun des flux de DEEE, la fraction cartes électroniques est souvent une fraction sortante relativement minoritaire en masse ; toutefois, à l'échelle des métaux précieux étudiés (or et argent notamment) cette fraction est susceptible de jouer un rôle clef. Il s'est par ailleurs avéré très important de quantifier les matériaux présents sous forme de mélange ou même d'impuretés dans les fractions majeures : en effet, un matériau présent à hauteur de 1 % sous forme d'impuretés dans une fraction qui pèse 50 % représente in fine 0,5 % du tonnage, c'est-à-dire une proportion massique plus élevée qu'un certain nombre de fractions minoritaires.

L'enjeu de la collecte d'informations et des travaux conduits au niveau des opérateurs de rang 1 est donc :

- De manière conventionnelle en ACV, de quantifier les intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions spécifiques dans l'environnement associées aux opérations qui sont conduites par les opérateurs de rang 1 ;
- De manière moins conventionnelle en ACV, mais selon une approche de type MFA (Material Flow Analysis), de quantifier la façon dont chacun des matériaux étudiés se distribue entre les différentes fractions sortantes des opérateurs de rang 1 ; ceci implique de pouvoir disposer de données de composition sur chacune des fractions ainsi que de la proportion massique entre les différentes fractions.

M.1 DONNEES D'ACTIVITE

M.1.1 INTRANTS ENERGETIQUES ET MATERIELS, EMISSIONS SPECIFIQUES

[Données 9] Traitement de rang 1 ☒ Nature des données d'activité ► Nature et quantité des intrants énergétiques, nature et quantité des autres intrants matériels, émissions spécifiques

Sauf pour les émissions fugitives de gaz réfrigérant et de gaz d'expansion des mousses polyuréthane dans le cadre du traitement des GEMF et des DEEE professionnels froid et les émissions fugitives de mercure dans le cadre du traitement des T&L, toutes les données d'activité représentant la nature et la quantité des différents intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions spécifiques ont été collectées par questionnaires auprès des opérateurs de traitement de rang 1.

Les opérateurs de traitement ont été interrogés sur :

- leurs consommations d'énergie : électricité, fuel, GNR (gasoil non routier), propane
- leurs autres intrants matériels : consommation d'huile, d'azote et de charbons actifs
- leurs émissions fugitives : i/poussières dans le cas des flux dont le traitement est réalisé de manière non confiné, à savoir GEMHF, PAM, BAES et PEP ; ii/mercure dans le cas des T&L

Dans le cas particulier des émissions fugitives de gaz lors du traitement des GEMF et des DEEE professionnels froid – qui se déroule en atmosphère confinée et inertée sous azote, des tests, dits tests de performance de phase 1 & tests de phase 2, sont régulièrement réalisés auprès des opérateurs à la demande d'ESR. Ces tests qui font l'objet d'un standard CENELEC⁵ permettent de mesurer :

⁵ Collection, logistics & treatment requirements for end-of-life household appliances containing volatile fluorocarbons or volatile hydrocarbons (CENELEC Standard EN 50574:2012 (TC111X/WG4))

- **Test de phase 1 :**
 - a) la quantité de CFC (HFC, HCFC) captée par rapport à la quantité de CFC (HFC, HCFC) attendue : celle-ci doit être supérieure à 90 % pour être conforme aux exigences du standard CENELEC ;
 - b) la quantité résiduelle de composés organiques halogénés (R12) dans les huiles : celle-ci doit être inférieure à 0,2% pour être conforme aux exigences du standard CENELEC
- **Test de phase 2 :**
 - a) la quantité de CFC (HFC, HCFC)/HC séparée et captée par rapport à la quantité de CFC (HFC, HCFC)/HC attendue : celle-ci doit être supérieure à 90 % pour être conforme aux exigences du standard CENELEC ;
 - b) la quantité résiduelle de CFC dans la fraction mousse PUR en sortie de traitement : celle-ci doit être inférieure ou égale à 0,2 % pour être conforme aux exigences du standard CENELEC ; iii/la quantité résiduelle de mousse PUR dans les fractions :
 - plastiques : elle doit être inférieure à 0,5 % pour respecter les exigences CENELEC
 - métaux ferreux : elle doit être inférieure à 0,3 % pour respecter les exigences CENELEC
 - métaux non ferreux : elle doit être inférieure à 0,3 % pour respecter les exigences CENELEC

Pour chacun des opérateurs de traitement étudiés dans le cadre du GEM F, des tests de performances de phase 1 et de phase 2 ont ainsi été exploités afin de quantifier les émissions fugitives de gaz réfrigérant et de gaz d’expansion.

Dans le cas particulier des émissions de mercure lors du traitement de rang 1 des T&L, les rapports de contrôle des émissions mercurielles de chacun des opérateurs de traitement des T&L ont pu être exploités afin de quantifier les émissions fugitives de mercure à l’atmosphère.

[Données 10 | Traitement de rang 1 et Source et représentativité des données d’activité] ► Les données de consommation d’intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions – sauf pour les gaz réfrigérants et les gaz d’expansion émis par les opérateurs de traitement des GEMF et le Hg émis par les opérateurs de traitement des T&L – ont été collectées par questionnaire auprès des opérateurs ; selon le flux de DEEE, les données exploitées couvrent entre 45 % et 100 % des tonnages traités par les opérateurs travaillant pour ESR et reflètent la diversité des principales technologies de traitement utilisées en Europe ; selon le flux de DEEE, les données sont représentatives de 2014, de 2015 ou de 2016.

Le tableau ci-dessous présente, pour chacun des flux étudiés, le nombre d’opérateurs de traitement de rang 1 concernés, le nombre d’opérateurs de traitement auprès desquels les données ont été collectées (opérateurs de rang 1 couverts) et le taux de couverture massique que représentent ces derniers par rapport au tonnage géré par ESR.

Flux de DEEE	Nombre d’opérateurs de rang 1	Nombre d’opérateurs de rang 1 couverts	Taux de couverture massique
GEMF	9 opérateurs	9 opérateurs	100 % du tonnage 2014
T&L	4 opérateurs	4 opérateurs	100 % du tonnage 2014
PAM	15 opérateurs	13 opérateurs	≈ 95 % du tonnage 2014
GEMHF	19 opérateurs	14 opérateurs	≈ 90 % du tonnage 2014
ECRANS Plats	7 opérateurs	4 opérateurs	≈ 93 % du tonnage 2015
BAES	10 opérateurs	2 opérateurs	≈ 46 % du tonnage 2015

Flux de DEEE	Nombre d'opérateurs de rang 1	Nombre d'opérateurs de rang 1 couverts	Taux de couverture massique
PEP Med & Bât	13 opérateurs	3 opérateurs	≈ 48 % du tonnage 2015
GEP&Mobiles Med & Bât	12 opérateurs (95% des tonnes)	3 opérateurs	≈ 60 % du tonnage 2016
Luminaires professionnels	12 opérateurs	3 opérateurs	≈ 65 % du tonnage 2016
Onduleurs professionnels	12 opérateurs	2 opérateurs + approche simplifiée	≈ 74 % du tonnage 2016
Moteurs industriels	31 opérateurs	4 opérateurs	≈ 60 % du tonnage 2016
DEEE professionnels froid	8 opérateurs	Démarche simplifiée de modélisation, voir section Q	

TABLEAU 8 – TAUX DE COUVERTURE MASSIQUE DES OPERATEURS DE RANG 1 PRIS EN COMPTE PAR RAPPORT AU TONNAGE GERE PAR ESR POUR L'ANNEE CONSIDEREE

Dans le cas des DEEE professionnels, le taux de couverture massique est plus limité que dans le cas des flux ménagers : les données de caractérisation, qui quantifient pour chaque opérateur la proportion de chacune des fractions produites en sortie de rang 1, et les données relatives à la composition de ces fractions n'étaient pas disponibles pour tous les opérateurs du fait de la montée en puissance récente de la collecte de ces catégories de DEEE professionnels. Ces données étant essentielles pour la mise en œuvre de la démarche, seuls les opérateurs de traitement pour lesquels elles étaient disponibles ont été pris en compte, ce qui limite nécessairement le taux de couverture atteint.

En ce qui concerne les onduleurs, des données étaient disponibles pour deux opérateurs réalisant un traitement manuel, sachant que 25% des tonnages d'onduleurs de l'année 2016 ont été traités par des opérateurs réalisant un traitement mécanisé similaire à celui des PEP MED&BAT. Afin de ne pas négliger la quote-part du traitement mécanisé, nous avons directement utilisé les ICV par matériau établis pour le flux PEP MED&BAT.

Les opérateurs sélectionnés pour cette collecte des données couvrent, pour chaque catégorie de DEEE, la diversité des principales technologies de traitement qui sont observées en Europe.

Flux de DEEE	Variantes technologiques couvertes
GEMF	<p>Les technologies de traitement de rang 1 des GEMF sont très similaires d'un opérateur à l'autre. Les grandes variantes couvertes portent sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La technologie de broyage : cisaille ou broyeur à chaînes ▪ La production d'azote : interne ou externe ▪ Le dégazage de l'huile : chauffage ou agitation par ultrason ▪ La technologie de condensation des gaz : cryogénie ou charbon actif
T&L	<p>Deux technologies principales de traitement de rang 1 des T&L sont couvertes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ End Cut Air Push : cette technologie s'applique aux tubes seulement ; elle consiste à couper les embouts et à « souffler » le mélange luminophore contenu dans les tubes. ▪ Broyage/laminage avec séparation ultérieure des différents matériaux.
PAM	<p>Il n'existe pas à proprement parler de grandes variantes technologiques dans le traitement des PAM. En revanche, les procédés se distinguent les uns des autres par les techniques de broyage/désintégration mises en œuvre et par l'organisation et la nature des techniques de séparation.</p>
GEMHF	<p>De même que pour les PAM, il n'existe pas de grandes variantes technologiques dans le traitement des GEMHF. En revanche, les procédés se distinguent les uns des autres par les techniques de broyage/désintégration mises en œuvre et par l'organisation et la nature des techniques de séparation.</p>
ECRANS Plats	<p>Trois technologies principales de traitement de rang 1 des Ecrans Plats sont couvertes :</p>

Flux de DEEE	Variantes technologiques couvertes
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Démantèlement manuel ; ▪ Démantèlement robotisé ; ▪ Broyage écrans entiers sous atmosphère confinée.
BAES	Les BAES sont traités, en mélange, sur le même type de ligne que les PAM.
PEP Med & Bât	Les PEP Med & Bât sont traités sur le même type de ligne que les PAM, en campagne dédiée ou, selon les opérateurs, en mélange avec les PAM
GEP&Mobiles Med & Bât	La technologie principale de traitement de rang 1 pour ces équipements, à savoir le traitement manuel (80% des tonnages), est couverte. En revanche, un traitement combinant démantèlement manuel et traitement mécanisé de certains sous-ensembles n'a pas pu être pris en compte.
Luminaires professionnels	Trois technologies principales de traitement de rang 1 des luminaires sont couvertes : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Démantèlement manuel ; ▪ Traitement mécanisé ; ▪ Démantèlement manuel avec traitement mécanisé des plastiques.
Onduleurs professionnels	Les deux technologies mises en œuvre en rang 1, à savoir le démantèlement manuel et un traitement mécanisé (approche simplifiée en utilisant les ICV matériaux du PEP MED&BAT) sont couvertes.
Moteurs industriels	Seule une massification est réalisée en rang 1 pour les moteurs, ce qui a été pris en compte.
DEEE Professionnels froid	Quatre familles d'équipements sont étudiées : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les équipements de froid commercial sont exclusivement traités par des opérateurs de GEMF, les variantes technologiques étant similaires à celles décrites pour le GEMF. ▪ Les unités de climatisation rooftop sont traitées chez des opérateurs de GEM HF <p>Les fontaines à eau et les petits équipements de climatisation sont en premier dépollués chez des opérateurs GEMF, puis sont susceptibles d'être traités chez des opérateurs de GEMF, de GEMHF ou de PAM. Voir FIGURE 12 en section Q pour plus de détails.</p>

TABEAU 9 – TECHNOLOGIES COUVERTES PAR LES DES OPERATEURS DE RANG 1 PRIS EN COMPTE

[Données 11 | Traitement de rang 1 & Hypothèses] ► Dans le cas de la consommation d'huile et des émissions fugitives de poussières, la moyenne arithmétique des données collectées a été appliquée pour combler les lacunes générées par l'absence de réponses. Pour les luminaires orientés vers un traitement mécanisé, en l'absence de données spécifiques disponibles, ces données ont été approximées par celles des PEP MED&BAT.

Le recueil de données relatives aux consommations d'intrants énergétiques et matériels et aux émissions a été satisfaisant à l'exception du cas de la consommation d'huile et des émissions de poussières où les réponses n'ont pas toujours été produites par les opérateurs. Pour ces deux aspects, la moyenne arithmétique des réponses apportées par les répondants a été appliquée afin de combler les lacunes de collecte.

Des questions ont également été posées aux opérateurs en ce qui concerne la puissance et le rendement horaire des machines installées sur leur chaîne de traitement. L'analyse de ces retours et leur rapprochement avec les données de consommation d'énergie montrent qu'une quantification de la consommation énergétique (hors engins de manutention) par les puissances et les rendements conduirait à surestimer notablement la consommation d'énergie (cette approche a donc été écartée) ; ceci s'explique par le fait que la puissance nominale d'une machine, notamment pour des déchireurs ou des broyeurs, n'est sollicitée que de manière ponctuelle.

Dans les cas des luminaires, qui sont pour partie traités de manière mécanisée, la consommation d'huile et des émissions fugitives de poussières par tonne d'équipement ont été considérées comme similaires à celles des PEP MED&BAT.

Aucune émission de poussières n'a en revanche été considérée en rang 1 pour les équipements faisant l'objet uniquement d'un démantèlement manuel. Précisons que les émissions diffuses liées au traitement manuel sont supposées être très faibles. Les possibles émissions diffuses en cas de lixiviation des fractions stockées, ces émissions étant susceptibles d'avoir des effets toxiques et écotoxiques, n'ont pas été considérées en raison d'un manque d'informations quantifiées permettant de juger de leur caractère négligeable ou au contraire significatif. Signalons toutefois que les incertitudes relatives à ces émissions diffuses sont secondaires en comparaison des autres limites devant être considérées concernant l'évaluation des impacts toxiques et écotoxiques de la gestion des DEEE (cf. Tableau 24).

[Champ de l'étude 17] Traitement de rang 1 ✕ Exclusion ► La consommation d'eau pour usage sanitaire par les opérateurs de traitement de rang 1 a été exclue des frontières du système

A l'exception de certains procédés de traitement de GEMHF, lorsque ceux-ci pratiquent un abattement des poussières par aspersion et/ou une séparation par flottation, les procédés de traitement des flux de DEEE étudiés ne consomment pas d'eau. La consommation d'eau indiquée par les opérateurs dans les questionnaires correspond :

- à une consommation d'eau de process et d'eau sanitaire dans le cas des GEMHF ;
- à une consommation d'eau sanitaire dans le cas des autres catégories de DEEE étudiées.

La consommation d'eau pour usage sanitaire, ainsi que les rejets associés et leur traitement en STEP, n'a pas été prise en compte sauf dans le cas du traitement des GEMHF où il n'était pas possible de découpler la consommation générée par le process de la consommation pour usage sanitaire (l'influence de cette dernière étant minime devant la première).

[Données 12] Traitement de rang 1 ✕ Source et représentativité des données d'activité ► Les résultats de tests de performance normalisés conduits en 2012 ou 2013 chez les opérateurs de traitement de GEMF ont permis d'établir les émissions fugitives de gaz réfrigérant et de gaz d'expansion générées.

Dans le cas particulier des émissions fugitives de gaz réfrigérants et de gaz d'expansion des mousses PUR lors du traitement de rang 1 des GEMF, les données exploitées sont issues des tests de performance de phase 1 et des tests de performances de phase 2 qui sont conduits dans le cadre du standard CENELEC EN 50574-1 [7].

Les données exploitées couvrent 100 % des opérateurs ayant traité des GEMF pour le compte d'ESR en 2014 ; selon les opérateurs, les données sont issues de tests réalisés en 2012 ou en 2013.

[Données 13] Traitement de rang 1 ✕ Source et représentativité des données d'activité ► Les résultats de rapports de contrôle réalisés en 2012 ou en 2014 ont permis d'estimer les émissions fugitives de mercure chez les opérateurs de traitement des T&L.

Dans le cas particulier des émissions fugitives de mercure (Hg) lors du traitement de rang 1 des T&L, les données exploitées sont issues de rapports de contrôle externes des émissions mercurielles de chacun des opérateurs de traitement des T&L. Selon les opérateurs, les données sont issues de tests réalisés en 2012 ou en 2014.

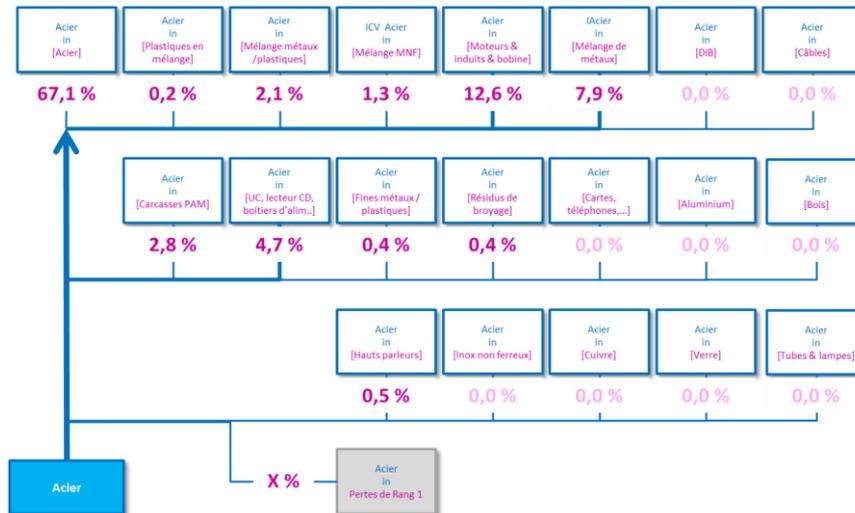
M.1.2 DISTRIBUTION DES MATERIAUX DANS LES DIFFERENTES FRACTIONS

[Données 14] Traitement de rang 1 ✕ Nature des données d'activité ► Pour chaque flux de DEEE, tonnage et composition des fractions produites à l'issue du traitement par les opérateurs de rang 1

Pour chaque flux de DEEE étudié, à l'exception des DEEE professionnels froid pour lesquels une démarche simplifiée a été mise en œuvre, il a été procédé à une description quantitative de la composition des fractions qui sont produites à l'issue de son traitement par les opérateurs de rang 1.

En combinant la description quantitative de la composition des fractions avec le tonnage de chacune des fractions, on obtient alors une cartographie de la manière dont chaque matériau étudié se distribue entre les différentes fractions (Figure 6).

La figure ci-dessous illustre le type de résultats obtenus à l'issue de ce travail dans le cas de l'acier des PAM : on observe ainsi que, en dehors de toute considération de pertes entre l'entrée et la sortie du process, l'acier constitutif des PAM se distribue à l'issue du traitement de rang 1 à 67,1 % dans la fraction [Acier]⁶, à 0,2 % dans la fraction [Plastiques en mélange], à 2,1 % dans la fraction [Mélange métaux/plastiques]...



Les valeurs indiquées sur cette figure sont fournies à titre d'illustration. Elles varient selon le flux de DEEE considéré, l'opérateur de traitement, les procédés employés et sont susceptibles d'évoluer dans le temps.

FIGURE 6 – DISTRIBUTION DES MATERIAUX ENTRE LES DIFFERENTES FRACTIONS PRODUITES A L'ISSUE DU TRAITEMENT DE RANG 1 X ILLUSTRATION DE PRINCIPE AVEC L'ACIER DES PAM

Cette figure montre que si l'on souhaite établir l'ICV de gestion en fin de vie d'un matériau donné dans un flux donné (ici, l'acier des PAM), il est alors nécessaire d'étudier ce qu'il advient – en termes de process, transport et destinations finales – de ce matériau (l'acier) via chacune des fractions dans laquelle on le retrouve en sortie de traitement de rang 1 : [Acier], [Plastiques en mélange]... [Moteurs & Induits & Bobines]...

[Données 15 | Traitement de rang 1 X Source et représentativité des données d'activité] ► Pour chaque flux de DEEE étudié, le tonnage annuel de chaque fraction produite à l'issue du traitement de rang 1 est caractérisé et connu pour chacun des opérateurs pris en compte. Selon les flux étudiés, les données sont représentatives de 2014, de 2015 ou 2016.

Le tonnage annuel de chacune des fractions est précisément connu par ESR, pour chacun des opérateurs étudiés ; ces données sont produites dans le cadre des campagnes de caractérisation conduites par des prestataires externes à la demande d'ESR ou directement par ESR. Ces données sont par ailleurs utilisées pour calculer le taux de recyclage et le taux de valorisation atteint dans le cadre de la filière DEEE ; de manière plus générale, elles sont exploitées dans le cadre :

- de l'outil de reporting européen WF RepTool (ex : périmètre Eco-systèmes) ;

⁶ [Fraction] : le symbolisme [...] a été employé dans les différents documents et rapports internes afin de désigner les fractions, correspondant à des mélanges de matériaux, et éviter toute ambiguïté avec les matériaux, a fortiori dans le cas où la désignation usuelle d'une fraction et d'un matériau pouvait être identique (par exemple, dans le cas de l'acier)

- d'un outil de reporting interne (ex : périmètre Récylum).

[Données 16 | Traitement de rang 1 et Source et représentativité des données d'activité] ► Pour chaque flux de DEEE étudié, la composition des fractions a été établie via des données d'analyse interne à ESR et des données recueillies par questionnaire auprès des opérateurs, ces dernières pouvant correspondre à des analyses ou à des avis experts de la part de l'opérateur. Ces données sont considérées comme représentatives de la période étudiée, soit 2014, 2015, 2016 ou 2017 selon les flux.

Il convient de préciser que, sous une même appellation de fraction, par exemple [Mélange métaux/plastiques], la composition effective peut s'avérer différente :

- en fonction de la catégorie de DEEE traitée en entrée ;
- pour une même catégorie de DEEE traitée en entrée en fonction des opérateurs de traitement de rang 1 : la composition effective des fractions dépend en effet de la nature et de l'organisation des procédés installés (déchireur ou broyeur, types et enchaînement des autres machines) ainsi que de choix dans la conduite de ces procédés (par exemple, temps de séjour dans le déchireur ou distance entre le tapis et l'overband).

Le travail de description des fractions a été conduit de manière à être au plus près de la réalité et en essayant de saisir au mieux les données spécifiques à chaque flux et chaque opérateur compte tenu de l'information disponible.

Plusieurs catégories d'information ont dû être exploitées afin de décrire la composition des fractions :

- des données internes à ESR correspondant à i/ des résultats de caractérisation en traitement de rang 2 (par exemple pour les [métaux/plastiques en mélange] ou ii/ des résultats d'analyse des fractions ou d'analyse de composants complexes présents dans les fractions (par exemple, composition des moteurs & bobines) ou iii/ des résultats des tests de performances de phase 1 et de phase 2 dans le cas des GEMF (% de mousse PUR dans les fractions, % de CFC dans la mousse PUR...) ;
- des données recueillies par questionnaire auprès des opérateurs sur la composition de certaines fractions : ces données ont pu être produites par différentes méthodes (analyses par comptage manuel, compositions transmises par les opérateurs de rang 2 qui reprennent les fractions des opérateurs de rang 1 ou avis expert de la part de l'opérateur).

M.2 TRAITEMENT DES DONNEES/ELEMENTS DE METHODE

M.2.1 TRAITEMENT DES DONNEES

Les données relatives aux émissions spécifiques et aux consommations de ressources collectées auprès des opérateurs de traitement de rang 1 sont exploitées opérateur par opérateur dans le modèle développé sous Simapro : l'absence d'une consolidation préalable des données sur l'ensemble des opérateurs de traitement d'un même flux a été fait afin d'assurer une bonne traçabilité du modèle et de faciliter son actualisation ultérieure.

Toutefois, une valeur de consommation moyenne d'énergie par tonne de DEEE traitée a également été calculée pour chaque catégorie de DEEE étudiée ; ce calcul a été conduit dans une perspective d'analyse critique afin d'observer si les tendances d'ensemble s'avéraient plausibles et pertinentes au regard du type et du fonctionnement des différents procédés de traitement.

[Données 17 | Traitement de rang 1 & Traitement des données] ► En partant de données détaillées relatives au tonnage des fractions produites par chaque opérateur en sortie de rang 1 et de la composition de ces fractions, le calcul de la distribution de chacun des matériaux étudiés a été consolidé à l'échelle de chaque catégorie de DEEE ; c'est cette distribution consolidée qui est exploitée au niveau du modèle développé sous Simapro

Pour un flux de DEEE donné, la distribution de chacun des matériaux étudiés a été consolidée à l'échelle de ce flux de DEEE, tel qu'illustré en Figure 6, en combinant :

- le tonnage de chacune des fractions produites par chacun des opérateurs de traitement de ce flux ;
- la composition de chacune des fractions produites par chacun des opérateurs de traitement de ce flux.

Seule cette distribution consolidée sur l'ensemble des opérateurs de traitement de rang 1 de la catégorie de DEEE étudiée est exploitée dans la modélisation sous Simapro.

[Données 18 | Traitement de rang 1 & Analyse critique des données] ► Pour chaque flux de DEEE ménager, une analyse critique de la plausibilité des données relatives aux fractions a été conduite en rapprochant la composition de ce flux telle que calculée à partir du tonnage et de la composition des fractions et la composition de ce flux telle que connue à partir d'autres sources.

Les données précédentes (tonnage et composition des fractions) ont également été traitées de manière à obtenir une composition type de chaque flux de DEEE étudié. Cette composition type calculée à partir des données relatives aux fractions issues du traitement de rang 1 a été comparée à une composition type établie par d'autres sources :

- données issues des campagnes DT9⁷ dans le cas des PAM, des GEMHF et des Ecrans Plats ;
- données issues de la bibliographie dans le cas des autres flux (par exemple, les données EUP⁸ dans le cas des GEMF).

Ce rapprochement a tout d'abord permis de s'assurer que l'analyse de la composition des fractions conduisait à des résultats cohérents en termes de composition de chacune des catégories de DEEE et qu'elle ne donnait pas lieu à une « disparition » notable d'un matériau donné ou au contraire à la « création » notable d'un matériau donné entre l'entrée et la sortie du traitement de rang 1. Il a également permis de bénéficier d'une distance critique au regard des résultats obtenus et d'identifier les couples matériau/flux de DEEE pour lesquels le profil de dispersion obtenu est susceptible de présenter une robustesse moindre.

On notera toutefois qu'un tel rapprochement n'a pas pu être réalisé pour les flux de DEEE professionnels pour lesquels peu de données de caractérisation du gisement sont disponibles. Le niveau de confiance dans les données de composition moyenne des flux de DEEE professionnels est donc moindre comparativement aux DEEE ménagers.

⁷ Le DT9 est un programme annuel mené par ESR (ex : périmètre Eco-systèmes) consistant dans une analyse fine de la composition des flux de DEEE en entrée d'opérateurs de traitement de rang 1. Ce travail est conduit de manière systématique pour les PAM, les GEMHF et les Ecrans Plats. A titre d'exemple, le DT9 PAM de 2014 a consisté à démonter et analyser la composition de 1875 appareils, répartis selon 285 sous-catégories (appareils photo, téléphones, imprimantes jet d'encre, imprimantes laser, cafetière...) représentant un total de 6,5 tonnes

⁸ Commission européenne (DG ENTR) - Methodology Study Eco-design of Energy-using Products. Final Report MEEUP. Product Cases Report. 2005, 466 p.

M.2.2 AFFECTATION

▪ Affectation entre différents flux de DEEE

[Données 19|Traitement de rang 1 & Affectation] ► Dans le cas de sites traitant plusieurs catégories de DEEE, les intrants, autres que l'azote et les charbons actifs, associés au traitement de rang 1 sont affectés de manière massique entre les différentes catégories ; dans le cas particulier de l'azote et des charbons actifs, ces intrants ont été affectés spécifiquement aux catégories qui mettent en jeu ces intrants.

Certains sites de traitement de rang 1 traitent plusieurs catégories de DEEE avec, dans quelques cas un traitement manuel (notamment des sites qui effectuent un démantèlement d'écrans CRT). Dans ce cas, les différents intrants matériels et énergétiques ont été fournis par les opérateurs sur l'ensemble de leur site ; en revanche, les émissions de poussières ont été fournies de manière spécifique aux lignes de traitement de chaque catégorie de DEEE.

La consommation d'énergie du process a été affectée de manière massique entre les différents flux de DEEE traités mécaniquement par les opérateurs. Les consommations d'énergie et d'huile pour les engins de manutention ont été affectées de manière massique entre tous les flux de DEEE traités par les opérateurs.

La consommation d'azote et la consommation de charbons actifs ont été spécifiquement affectées aux flux de DEEE qui utilisent ce type d'intrants : par exemple, pour un site traitant du PAM et du GEMF, la consommation d'azote est intégralement affectée au GEMF car seule cette catégorie de DEEE nécessite de travailler en atmosphère inertée.

Les émissions de poussières n'ont pas nécessité d'affectation.

▪ Affectation entre les différents matériaux d'un même flux de DEEE

[Données 20|Traitement de rang 1 & Affectation] ► Les intrants associés au traitement de rang 1 d'une catégorie de DEEE donnée sont affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette catégorie. Les émissions de poussières sont affectées massivement entre les différents matériaux sauf dans le cas du béton et du verre des GEMHF auxquels est spécifiquement affecté le différentiel moyen observé entre les émissions de poussières du GEMHF et du PAM.

De manière générale, les données d'activité quantifiées à l'échelle d'une catégorie de DEEE sont affectées de manière massique entre les différents matériaux qui constituent cette catégorie.

Dans le cas des émissions de poussières fugitives, il a été observé une différence notable entre les opérateurs de GEMHF et les opérateurs traitant du PAM, des BAES, des PEP Med&Bât. Les opérateurs de GEMHF ayant tendance à produire davantage de poussières, le différentiel moyen observé entre ces différents jeux de valeurs a été affecté au béton et au verre présents dans les GEMHF (essentiellement béton lesté et hublots des machines à laver).

M.3 DONNEES D'INVENTAIRE D'ARRIERE-PLAN

[Données 21|Traitement de rang 1 & Source des données d'inventaire d'arrière-plan] ► Les données d'inventaire d'arrière-plan sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off à l'exception de l'inventaire de l'électricité pour la France. Le mix électrique est spécifique au pays dans lequel est localisé chacun des opérateurs.

Les différentes données d'inventaire exploitées pour modéliser le traitement de rang 1 sont des données d'inventaire *ecoinvent V3.4 –allocation, cut-off* telles que mises à disposition sous Simapro.

Dans le cas de la consommation d'électricité, le modèle d'inventaire considéré est celui qui correspond au pays dans lequel chacun des opérateurs est localisé ; il est à noter que pour les opérateurs de rang 1, les opérateurs sont tous localisés en France sauf un opérateur de traitement dans le cas des T&L.

Dans le cas du mix électrique de la France, comme détaillé en **Erreur ! Aucun nom n'a été donné au signet.**, un travail spécifique a été conduit dans le cadre de ce projet afin de disposer d'un inventaire représentatif de la période 2015-2017 (la donnée la plus récente établie par *ecoinvent* proposant un ICV portant sur la seule année 2014).

[Données 22 | Traitement de rang 1 & Source des données d'inventaire d'arrière-plan] ► Dans le cas des métaux, les émissions de poussières sont modélisées par des émissions de particules du métal étudié ; dans les autres cas, les émissions sont modélisées sous forme de particules indifférenciées

Concernant les émissions de poussières, celles-ci ont été modélisées par :

- le flux élémentaire correspondant à des particules indifférenciées (*Emissions to air - particulates, unspecified*) pour tous les matériaux comme les plastiques, le verre, le béton, le bois...
- le flux élémentaire correspondant au métal ciblé dans le cas des différents métaux étudiés (par exemple, dans le cas de la construction de l'ICV de l'aluminium des GEMHF, les émissions de poussières associées ont été modélisées par *Emissions to air – Aluminium*) ; le choix de les modéliser sous forme d'émissions métalliques, plutôt que de particules indifférenciées, a été effectué car supposé maximaliser les impacts environnementaux potentiellement associés à ces émissions.

M.4 QUALITE DES DONNEES ET ADEQUATION AUX EXIGENCES

Le tableau ci-dessous présente notre évaluation qualitative de la qualité des données et précise si les exigences de qualité préalablement définies ont été atteintes.

		Rappel des exigences	Atteintes des exigences / commentaires
Traitement par les opérateurs de rang 1			
Process principal	Paramètres clés : Nature et quantité des fractions générées par chaque opérateur Composition des fractions générées par chaque opérateur	<u>Données spécifiques récentes par opérateur</u> : Représentatives de la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes pour la plupart des catégories de DEEE. Ces données sont toutefois estimées un peu moins robustes pour les flux récents et en évolution rapide (DEEE professionnels et écrans plats)
	Autres paramètres : Intrants énergies et matériels, émissions spécifiques	<u>Données spécifiques par opérateur</u> : Représentatives de la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes pour la grande majorité des opérateurs et la plupart des intrants/émissions : des données manquantes sur les poussières/la consommation d'huile ont ponctuellement dues être complétées
Autres process	Profil électricité, production azote liquide, gazole non routier, etc.	<u>Données génériques :</u> Electricité : mix spécifique par pays, représentative de la période 2014-2017 Autres intrants : données représentatives Europe pour la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes

TABLEAU 10 – TRAITEMENT PAR LES OPERATEURS DE RANG 1 : EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES ET ATTEINTE DES EXIGENCES

N. TRANSPORT ENTRE LES OPERATEURS DE RANG 1 ET DE RANG 2

[Enjeu Clef de Modélisation 4] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2] ► Etablir une description quantifiée rendant compte des points clés de modélisation relatifs au transport (ex : distances parcourues, des modes de transport, taux de charge des PL dans le cas du transport routier)

Pour cette étape, il s'agissait d'établir une description quantifiée du transport des fractions entre les opérateurs de traitement de rang 1 et les opérateurs de rang 2 en termes de distances parcourues, de modes de transport, et de taux de charge des PL dans le cas du transport routier

N.1 DONNEES D'ACTIVITE

[Données 23] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Nature des données d'activité] ► Tonnage en jeu, distances, gabarit des PL, taux de charge, taux de retour à vide, modalités de conditionnement

Dans les questionnaires qui ont été transmis aux différents opérateurs, ou lors des entretiens qui ont été menés avec des opérateurs, ceux-ci ont été interrogés pour chacune des fractions :

- sur l'identité et la localisation des différents opérateurs de rang 2 et sur la répartition du tonnage envoyé à chacun de ces repreneurs ;
- sur les modalités de conditionnement des fractions (vrac dans des conteneurs, big-bags...) et leur densité.

L'ensemble de ces données a été exploité dans son intégralité afin de modéliser pour chaque fraction le transport entre les opérateurs de traitement de rang 1 et les opérateurs de rang 2. A titre d'exemple, la description du transport des fractions produites à l'issue du traitement des PAM intègre les distances calculées sur 291 trajets sur lesquels 281 sont exclusivement routiers et sur lesquels 10 combinent un trajet amont routier, un trajet maritime et un trajet aval routier.

[Données 24] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Hypothèses] ► Le gabarit des PL et leur taux de retour à vide relèvent d'hypothèses

Les opérateurs de traitement de rang 1 n'ont pas été interrogés sur le gabarit des PL qui sont utilisés pour effectuer le transport des fractions vers les repreneurs ; ils n'ont pas non plus été interrogés sur le taux de retour à vide des PL. Ces deux facteurs relèvent donc d'hypothèses :

- le gabarit des PL a été modélisé comme correspondant au gabarit les plus importants qui sont autorisés à circuler en France, soit des PL avec une charge utile de 25 t ; le choix d'un tel gabarit se justifie par le fait que le transport des fractions est réalisé de manière aussi massifiée que possible.
- le taux de retour à vide a été modélisé comme correspondant au taux de retour à vide représentatif de la moyenne française pour ce gabarit de PL, soit 27 %.

[Données 25] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Source et représentativité des données d'activité] ► Les données d'activité ont été recueillies par questionnaire auprès des opérateurs de rang 1. Ces informations sont représentatives des années 2014, 2015, 2016 ou 2017 selon les catégories de DEEE

Les opérateurs de traitement de rang 1 ont fourni par retour de questionnaire l'identité, la localisation et la répartition des tonnages entre les différents repreneurs de chacune des fractions qu'ils produisent ; ils ont également fourni des indications sur le conditionnement et la densité des fractions. Selon les catégories de DEEE, les informations recueillies sont représentatives des années 2014, 2015, 2016 ou 2017 (cas des moteurs).

N.2 TRAITEMENT DES DONNEES/ELEMENTS DE METHODE

N.2.1 TRAITEMENT DES DONNEES

[Données 26] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Traitement des données ► Les données détaillées relatives à l'identité, la localisation et la répartition des tonnages entre les différents repreneurs, ont été traitées et consolidées de manière à obtenir pour chaque catégorie de DEEE une distance routière et une distance maritime représentative du transport de chacune des fractions.

Les données fournies par les opérateurs de traitement de rang 1 portent sur l'identité, la localisation et la répartition des tonnages entre les différents repreneurs de chacune des fractions qu'ils produisent. Ces informations ont été traitées avec des outils de cartographie et de navigation maritime en ligne pour déterminer les distances routières et maritimes correspondant à tous les trajets ainsi identifiés.

Pour un flux de DEEE donné, l'ensemble de ces distances a ensuite été consolidé à l'échelle de chacune des fractions concernées de manière à obtenir une distance routière et une distance maritime représentative du transport de cette fraction entre les opérateurs de traitement de rang 1 qui la produisent et les repreneurs de rang 2 ; les modalités de conditionnement ont également été consolidées à l'échelle des fractions. Au final, seules ces données consolidées à l'échelle de chacune des fractions de chaque flux de DEEE sont exploitées au niveau du modèle développé sous Simapro.

[Données 27] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Traitement des données ► Le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide

Comme dans le cas de la logistique amont, le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide (§ M.2.1)

N.2.2 AFFECTATION

- Affectation entre les différents matériaux d'une même fraction

[Données 28] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Affectation massique ► Pour chaque catégorie de DEEE, les impacts associés au transport d'une fraction donnée entre les opérateurs de rang 1 et les repreneurs de rang 2 de cette fraction sont affectés de manière massique entre les matériaux constitutifs de cette fraction.

Une fraction étant un mélange plus ou moins complexe de plusieurs matériaux, les impacts du transport d'une fraction donnée entre les opérateurs de traitement de rang 1 qui la produisent et les repreneurs de cette fraction sont affectés de manière massique entre les matériaux constitutifs de cette fraction.

N.3 DONNEES D'INVENTAIRE D'ARRIERE-PLAN

[Données 29] Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ☒ Source des données d'inventaire d'arrière-plan ► Les données d'inventaire d'arrière-plan sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off.

Les différentes données d'inventaire exploitées pour modéliser le transport entre les opérateurs de traitement de rang 1 et les opérateurs de rang 2 sont des données d'inventaire *ecoinvent V342 – allocation, cut-off* telles que mises à disposition sous Simapro.

Dans le cas du transport routier, un inventaire *ad hoc*, couvrant la production et la combustion d'un litre de diesel, a été construit à partir des données d'inventaire *ecoinvent* de manière à tenir compte de la répartition en 2015 du parc de PL en France selon les différentes normes Euro. Cet inventaire est appliqué aux différentes étapes de transport routier que celles-ci aient effectivement lieu en France, dans un autre pays européen ou en Asie :

- la répartition des PL entre les différentes normes Euro est probablement assez proche entre la France et les autres pays européens ;
- en revanche, dans le cas de l'Asie, cet inventaire est considéré comme constituant un proxy dans la mesure où ni la réglementation applicable ni l'état effectif du parc de PL n'ont été étudiés pour cette zone géographique ; toutefois, la proportion du volume de transport ayant lieu en Asie est très secondaire par rapport au volume de transport ayant lieu en France et dans les autres pays européens.

N.4 QUALITE DES DONNEES ET ADEQUATION AUX EXIGENCES

Le tableau ci-dessous présente notre évaluation qualitative de la qualité des données et précise si les exigences de qualité préalablement définies ont été atteintes.

		Rappel des exigences	Atteintes des exigences / commentaires
Transport opérateurs de rang 1 – rang 2			
Process principal	Paramètres clés : Distances parcourues, modes de transport	<u>Données spécifiques par fraction et par opérateur :</u> Représentative de la période 2014-2017 Couvrant 100 % de chaque fraction de chaque opérateur	Les exigences ont été atteintes*
	Autres paramètres : Taux de charge, gabarits des PL, modalités de conditionnement, taux de retour à vide	<u>Donnée spécifique par type de fraction sortante :</u> Représentative de la période 2014-2017	Les exigences ont globalement été atteintes : pour les modalités de conditionnement seuls les modes de conditionnement non réutilisables (big-bags) ont été pris en compte ; les taux de charge présentent une certaine incertitude car les données collectées pouvaient présenter une variabilité non négligeable selon les retours des opérateurs
Autres process	Emissions de combustion des véhicules routiers / du transport maritime	<u>Données génériques :</u> Représentatives du parc PL roulant Européen pour le transport routier en 2014-2017 Représentatives du transport maritime à l'échelle globale pour la période 2014-2017	Les exigences sont considérées comme atteintes : le profil du parc PL roulant français a été utilisé pour représenter le parc roulant PL européen.

TABLEAU 11 – TRANSPORT ENTRE LES OPERATEURS DE RANG 1 ET DE RANG 2: EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES ET ATTEINTE DES EXIGENCES

* Pour les DEEE professionnels, les exigences sont atteintes pour les différents flux étudiés à l'exception des DEEE professionnels froid pour lesquels une démarche de travail simplifiée a été mise en œuvre (voir section Q).

O. OPERATIONS DE RANG 2 ET ULTERIEURES ET OPERATIONS DE TRANSPORT JUSQU' AUX DESTINATIONS FINALES

En fonction de la nature des fractions ainsi qu'en fonction de choix propres aux opérateurs de rang 1 en ce qui concerne leurs repreneurs, les opérateurs de rang 2 peuvent être :

- des opérateurs correspondant à des destinations finales (valorisation matière, valorisation énergétique, destruction thermique, mise en décharge).
- des opérateurs de traitement (séparation de fractions complexes, traitement mécanique des câbles, traitement mécanisé des moteurs, broyage/séparation des carcasses de tubes à rayons X, préparation de CSR) ;
- des opérateurs de négoce/massification.

Dans le cas où les opérateurs de rang 2 ne correspondent pas à des destinations finales, il est alors nécessaire de décrire la succession d'opérations de traitement et de transport qui permet aux différents matériaux constitutifs des fractions d'atteindre les destinations finales.

[Enjeu Clef de Modélisation 5] Autres opérations de traitement et de transport préalables aux destinations finales ► La succession des éventuelles opérations intermédiaires de traitement et de transport entre le rang 1 et les destinations finales des fractions doit être établie. Pour chaque opération de traitement intermédiaire, il convient alors de quantifier les intrants et les émissions qui lui sont propres et de rendre compte du devenir des matériaux à l'issue du traitement.

Lorsque les opérateurs de rang 2 auxquels les fractions produites par les opérateurs de rang 1 ont été livrées ne correspondent pas à des destinations finales, il est nécessaire de décrire la succession d'opérations de traitement et de transport qui permet aux différents matériaux constitutifs des fractions d'atteindre les destinations finales.

Partant de cette description, il convient ensuite de :

- quantifier les intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions dans l'environnement associées à ces opérations de traitement et de transport ;
- quantifier la façon dont chacun des matériaux étudiés se distribue entre les différentes sous-fractions produites à l'issue de chacune de ces opérations de traitement intermédiaire.

O.1 DONNEES D'ACTIVITE

Les opérations de rang 2 et les opérations ultérieures jusqu'aux destinations finales sont conduites par plusieurs centaines d'opérateurs à l'échelle de l'ensemble des catégories de DEEE étudiées. Contrairement aux opérateurs de rang 1, la très grande majorité de ces opérateurs ne sont pas en relation directe avec ESR.

Pour de raisons de volumétrie de travail et de difficultés d'accès aux données, il n'était pas envisageable de recueillir les données d'activités relatives à ces opérations par l'intermédiaire de questionnaires. Des stratégies alternatives d'obtention des données – présentées dans les sections suivantes – ont ainsi été mises en œuvre.

O.1.1 DESCRIPTION DES OPERATIONS DE RANG 2 ET ULTERIEURES JUSQU'AUX DESTINATIONS FINALES

[Données 30] Opérations de rang 2 et ultérieures jusqu'aux destinations finales ☒ **Nature des données d'activité** ► L'identification de la succession d'opérations de traitement qui permettent aux matériaux constitutifs des fractions produites par les opérateurs de traitement de rang 1 d'atteindre les destinations finales est un prérequis indispensable en vue de la qualification et de la quantification des données d'activités relatives à ces étapes

Les opérateurs de traitement de rang 1 ont été interrogés sur l'identité, la localisation et la répartition des tonnages entre les différents repreneurs de chacune des fractions qu'ils produisent ; de même, dans le cadre des questionnaires, il leur a également été demandé de préciser la nature des opérations conduites par leurs repreneurs (opérateurs de rang 2) et dans certains cas par les opérateurs de rang 3.

Les informations fournies par les opérateurs de rang 1 sur les fonctions assurées par les repreneurs ont été, autant que possible, consolidées par la recherche et l'analyse d'informations disponibles publiquement.

Le traitement de cet ensemble d'informations a ainsi permis de montrer que les opérateurs de rang 2, qui reprennent les fractions produites à l'issue du traitement de rang 1 d'une catégorie de DEEE, peuvent correspondre à :

- a) des opérateurs de destinations finales (valorisation matière, valorisation énergétique, destruction thermique, mise en décharge) ;

- b) des opérateurs de traitement (séparation de fractions complexes, traitement mécanique des câbles, broyage/séparation des carcasses de tubes à rayons X, traitement mécanisé des moteurs industriels, préparation de CSR) ;
- c) des opérateurs de négoce/massification.

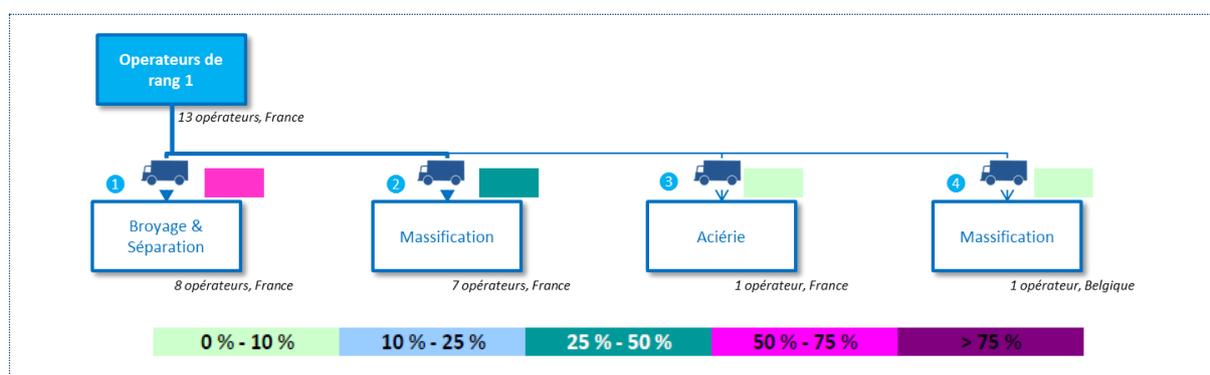
Pour les fractions produites à l’issue du traitement de rang 1 d’une catégorie de DEEE, il a ainsi pu être établi une représentation de la façon dont cette fraction est reprise en rang 2 en termes :

- de type d’opérations assurées par les opérateurs de rang 2 ;
- de localisation géographique.

La figure ci-dessous illustre le type de résultats établis dans le cadre de cette analyse :

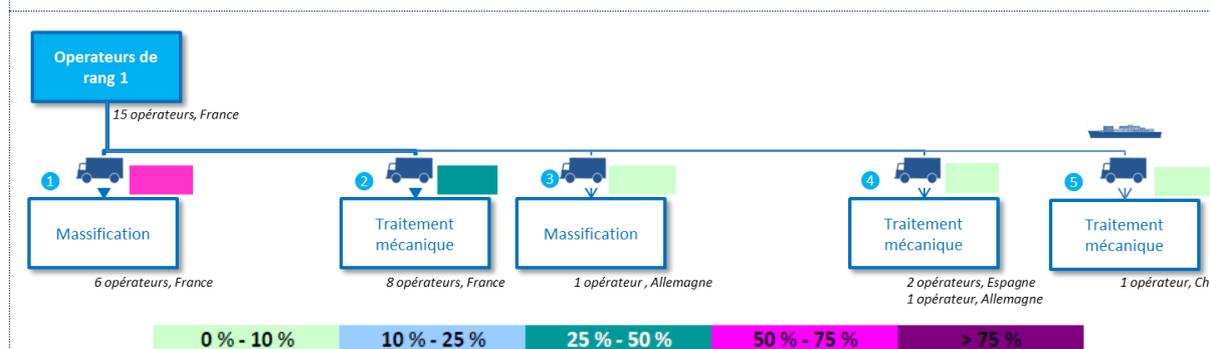
- pour la fraction [Acier] issue du traitement de rang 1 du PAM (Figure 7) ;
- pour la fraction [Câbles] issue du traitement de rang 1 des GEMHF (Figure 8).

Pour des raisons de confidentialité, la répartition entre les différentes catégories d’opérateurs de rang 2 n’est pas indiquée de manière exacte sur les figures mais seulement en termes de gamme de valeurs.



Les gammes de valeurs indiquées sur cette figure sont fournies à titre d'illustration. Dans tous les cas, elles varient selon le flux de DEEE considéré, les opérateurs de traitement, les procédés employés et sont susceptibles d'évoluer dans le temps.

FIGURE 7 – GESTION DE LA FRACTION [ACIER] ISSUE DU TRAITEMENT DE RANG 1 DU PAM, FONCTION ET LOCALISATION DES OPERATEURS DE RANG 2



Les gammes de valeurs indiquées sur cette figure sont fournies à titre d'illustration. Dans tous les cas, elles varient selon le flux de DEEE considéré, les opérateurs de traitement, les procédés employés et sont susceptibles d'évoluer dans le temps.

FIGURE 8 – GESTION DE LA FRACTION [CÂBLES] ISSUE DU TRAITEMENT DE RANG 1 DES GEMHF, FONCTION ET LOCALISATION DES OPERATEURS DE RANG 2

Lorsque les opérateurs de rang 2 ne correspondent pas à des destinations finales mais à des opérateurs de traitement (séparation de fractions complexes, traitement mécanique des câbles, préparation de CSR, etc.) ou de négoce/massification, il a alors été nécessaire de compléter le synopsis de gestion des fractions jusqu’aux destinations finales.

[Données 31] Opérations de rang 2 et ultérieures jusqu'aux destinations finales et Hypothèses ► Au-delà des opérateurs de rang 2, il a été nécessaire de formuler des hypothèses sur la nature des opérations conduites en aval de ces opérateurs de rang 2 et jusqu'aux destinations finales. Les schémas de gestion des fractions présentés dans les rapports par catégorie de DEEE – rapports confidentiels – assurent la traçabilité entre les informations factuelles et les hypothèses.

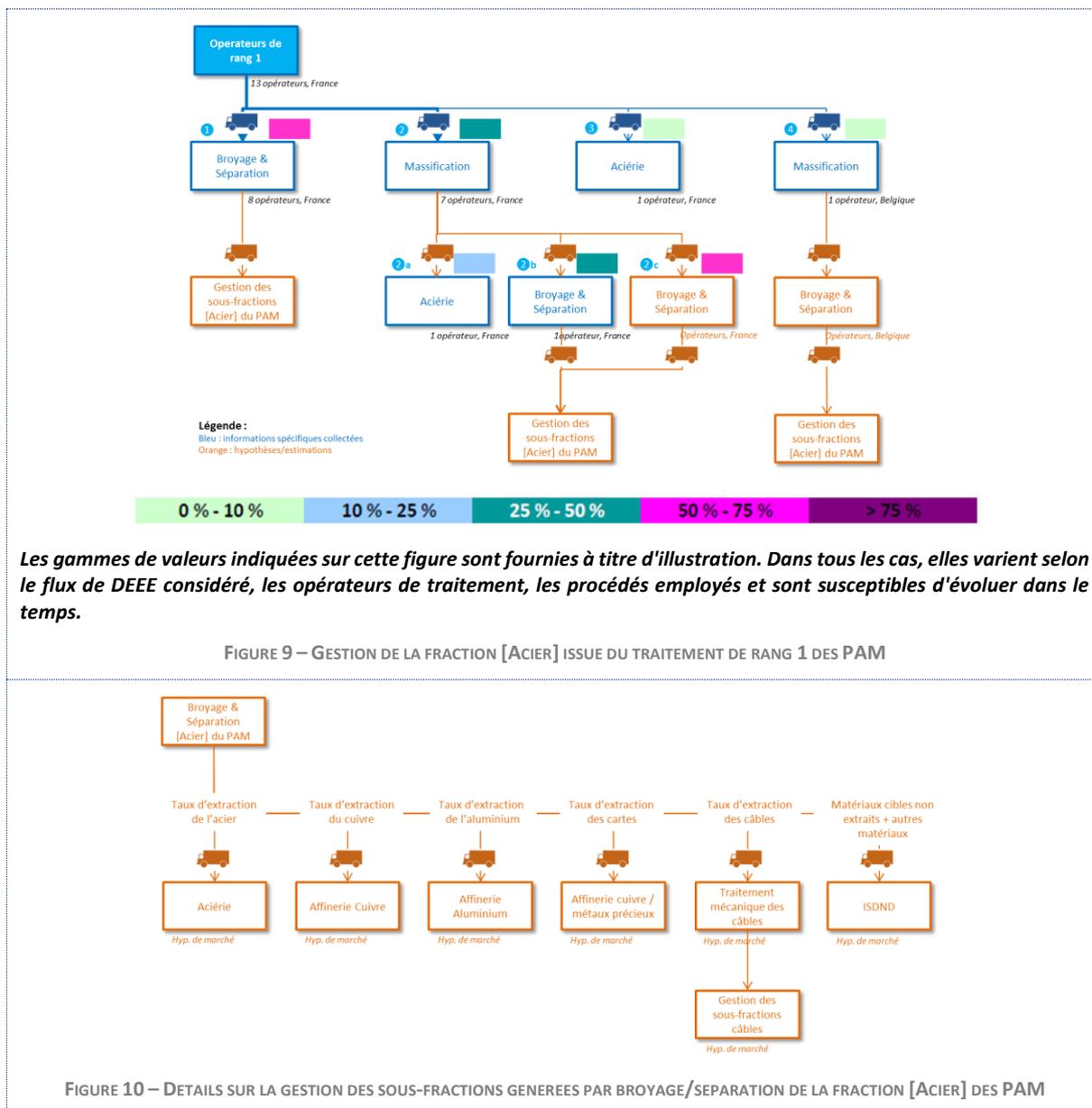
Dans le cas d'opérateurs de rang 2 correspondant à des opérateurs de massification, la nature des opérations conduites par les opérateurs de rang 3 a été déterminée, soit via les informations fournies par les opérateurs de rang 1, soit par analogie avec les principaux opérateurs de rang 2 qui ne correspondent pas à des opérateurs de négoce/massification. Ainsi, dans le cas de la fraction [Acier] produite à l'issue du traitement de rang 1 des PAM (Figure 7), il a été supposé que les opérateurs de rang 3 qui suivent les opérateurs de négoce/massification de rang 2 sont des opérateurs de broyage et séparation ; de même, dans le cas de la fraction [Câbles] produite à l'issue du traitement de rang 1 des GEMHF (Figure 8), il a été supposé que les opérateurs de rang 3 qui suivent les opérateurs de négoce/massification de rang 2 sont des opérateurs de traitement mécanique des câbles.

Dans le cas d'opérateurs de rang 2 correspondant à des opérateurs de traitement, la nature des opérations conduites par les opérateurs de rang 3 a été déterminée à partir des informations générales dont nous disposons sur la nature des opérations conduites par ces opérateurs et sur les différentes sous-fractions produites à l'issue de ces opérations. Ainsi, dans le cas de la fraction [Câbles], les informations à notre disposition permettaient de considérer que les opérateurs de traitement mécanique des câbles procèdent à un broyage/séparation conduisant à produire deux sous-fractions, l'une étant constituée de cuivre d'une pureté très élevée et l'autre étant constituée des plastiques des câbles avec quelques impuretés de cuivre ; les opérateurs qui succèdent aux traiteurs de câbles ont ainsi été assimilés à des opérateurs de destination finale : réutilisation directe de cuivre en fonderie pour la sous-fraction cuivre et traitement de la sous-fraction plastique pour partie en incinération avec valorisation énergétique et pour partie en stockage de déchets non dangereux.

Les rapports – confidentiels – d'accompagnement par catégorie de DEEE (Rapport GEMF, Rapport T&L, Rapport PAM... cf. Tableau 1) intègrent notamment une présentation complète de la gestion de chacune des fractions produites à l'issue du traitement de rang 1 de la catégorie de DEEE concernée. La traçabilité entre les aspects qui relèvent d'informations collectées auprès des opérateurs et les aspects qui relèvent d'hypothèses étayées par des analogies ou des informations plus génériques relatives au processus de traitement a été assurée dans ces rapports par l'emploi d'un code couleur.

Une illustration est fournie dans le cas de la gestion de la fraction [Acier] issue du traitement de rang 1 des PAM (Figure 9) :

- les éléments en couleur bleu se réfèrent à des informations collectées spécifiquement ;
- les éléments en couleur orange renvoient à des hypothèses fondées sur des analogies et/ou des informations plus génériques acquises relativement aux procédés.



[Données 32] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures **Source et représentativité des données d'activité** ► Les données ont été collectées par questionnaire auprès des opérateurs de rang 1 et ont porté sur tous opérateurs de rang 2 concernés pour chacune des fractions ; selon la catégorie de DEEE, les données sont représentatives de 2014, 2015, 2016 ou 2017 (cas des moteurs).

La nature des opérations conduites par les opérateurs de rang 2, qui peuvent être des opérateurs de destinations finales, des opérateurs de traitement ou des opérateurs de massification négoce a été collectée par questionnaire auprès des opérateurs de rang 1. Les données couvrent l'intégralité des opérateurs de rang 2 pour chacune des fractions.

Selon la catégorie de DEEE, les données sont représentatives de 2014, 2015, 2016 ou 2017 (cas des moteurs).

O.1.2 DISTRIBUTION DES MATERIAUX DANS LES DIFFERENTES SOUS-FRACTIONS PRODUITES PAR LES OPERATEURS DE TRAITEMENT DE RANG 2 ET ULTERIEURS

[Données 33] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures ☒ Nature des données d'activité] ► La modélisation des opérations de traitement conduites par des opérateurs de traitement de rang 2 et ultérieures repose sur l'identification de matériaux cibles destinés à être valorisés et la prise en compte de taux d'extraction de ces matériaux cibles

Comme les opérateurs de traitement de rang 1, les opérateurs de rang 2 ou ultérieurs qui conduisent des opérations de traitement, c'est-à-dire les opérateurs de rang 2 ou ultérieurs qui ne sont ni des opérateurs de destinations finales ni des opérateurs de massification/négoce, produisent des sous-fractions à partir des fractions qu'ils reçoivent.

Dans son principe, l'étude de ces niveaux de traitement aval pose donc la même question de distribution des matériaux entre les sous-fractions sortantes que celle qui se pose pour les opérateurs de traitement de rang 1.

Le nombre d'opérateurs de traitement de rang 2 et ultérieurs mis en jeu ne permettait pas d'adopter une démarche similaire à celle conduite au niveau des opérateurs de traitement de rang 1, à savoir une description quantifiée de la distribution des matériaux entre les fractions sortantes reposant sur la connaissance du tonnage et de la composition de chaque fraction.

De manière générale, cette question a été résolue en établissant dans chacun des cas :

- des matériaux cibles et non cibles : les matériaux cibles correspondent aux matériaux que les opérateurs cherchent à extraire des fractions entrantes pour les orienter vers les procédés de valorisation adaptés ; les matériaux non cibles sont quant à eux plutôt orientés vers des procédés de traitement courants de type ISDND et/ou UIOM.
- des valeurs de taux d'extraction relatifs aux matériaux cibles : les taux d'extraction représentent le ratio entre la quantité de matériau cible orientée vers la sous-fraction destinée aux procédés de valorisation visés et la quantité de matériau cible en entrée de traitement.

[Données 34] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures ☒ Source et représentativité des données d'activité] ► Selon la nature des fractions et du flux de DEEE considéré, l'identification des matériaux cibles et les taux d'extraction considérés reposent soit sur des données produites à l'issue de travaux de caractérisation, soit sur des avis experts.

Dans le cas des fractions complexes des flux de DEEE ménagers, de tonnage souvent important, telles que les fractions [Plastiques en mélange], [Métaux/plastiques en mélange] et [Fines métaux/plastiques en mélange], les taux d'extraction ont pu être établis à partir de données de caractérisation conduites sur des opérateurs de rang 2.

Dans le cas particulier de la fraction [Plastiques en mélange] contenant des RFB – cette fraction concernant le PAM, les Ecrans Plats, les BAES et le PEP Med & Bât – la modélisation du processus de séparation entre plastiques avec RFB et plastiques sans RFB tient également compte des proportions :

- de plastiques contenant des RFB orientés vers la sous-fraction considérée « sans RFB » ;
- de plastiques sans RFB orientés vers la sous-fraction considérée « avec RFB ».

Les taux d'extraction et les proportions de plastiques avec RFB d'une part et sans RFB d'autre qui sont orientées vers les fractions visant à concentrer les RFB (fraction « avec RFB ») et les fractions visant à être exemptes de RFB (fraction « sans RFB ») ont été établies à partir des résultats de la campagne nationale conduite en 2014 par l'OCAD3E sur les performances de séparation entre plastiques contenant des RFB et plastiques ne contenant pas de RFB.

Pour les autres fractions (par exemple [mélange de MNF]) faisant l'objet d'un traitement conduit par un opérateur de rang 2 ou de rang ultérieur, les matériaux cibles et les taux d'extraction ont été établis sur la base d'avis experts recueillis par les experts traitement d'ESR auprès de quelques opérateurs. Les taux d'extraction considérés pour ces autres fractions se situent globalement sur une gamme de valeurs entre 95 % et 98 %. Une approche similaire, à dire d'experts, a été mise en œuvre pour les fractions complexes issues du traitement des DEEE professionnels étudiés lorsque des caractérisations en rang 2 n'étaient pas disponibles.

O.1.3 INTRANTS ENERGETIQUES ET MATERIELS, EMISSIONS SPECIFIQUES DES OPERATEURS DE TRAITEMENT DE RANG 2 ET ULTERIEURS

[Données 35] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures ☒ Nature des données d'activité] ► Nature et quantité des intrants énergétiques, nature et quantité des autres intrants matériels, émissions spécifiques

Dans le cas d'opérateurs de rang 2 et suivants des données d'activité permettant de représenter la nature et la quantité des intrants énergétiques et autres intrants matériels ainsi que les émissions spécifiques ont été considérées.

[Données 36] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures ☒ Source et représentativité des données d'activité] ► Les données d'activité pour les opérations conduites en rang 2 et suivants sont basées sur des analogies avec certains aspects des opérations conduites en rang 1, sur des données bibliographiques ou sur des données internes acquises lors d'études antérieures ; leur représentativité temporelle est jugée adaptée par rapport à un objectif de représentation de la période 2014-2016.

Les données prises en considération résultent d'analogie avec certains aspects des opérations de traitement de rang 1, sur des données bibliographiques ou des données internes résultant d'autres études.

Dans le cas des opérateurs de négoce/massification, les données d'activité prises en compte concernent la consommation d'énergie des engins de manutention ; celle-ci a été établie à partir d'une valeur consolidée de la consommation des engins de manutention au niveau des opérateurs de rang 1.

Dans le cas d'opérateurs de rang 2 et ultérieurs, procédant à une opération de traitement mécanique des câbles, les données d'activité concernent :

- les consommations d'énergie des engins de manutention ;
- les consommations d'énergie du procédé.

La consommation d'énergie des engins de manutention a été établie à partir d'une valeur consolidée de la consommation des engins de manutention au niveau des opérateurs de rang 1. La consommation d'énergie du procédé a été établie à partir de deux données bibliographiques qui montraient une bonne cohérence entre elles.

Dans le cas d'opérateurs, de rang 2 et ultérieurs, procédant à des opérations de broyage/séparation d'autres fractions complexes que les câbles, les données d'activité prises en compte concernent :

- les consommations d'énergie des engins de manutention ;
- les consommations d'énergie du procédé ;
- les émissions de poussières.

Les données prises en compte ont été établies par analogie avec le procédé de traitement de rang 1 du PAM ; l'ordre de grandeur de la consommation d'énergie de ces procédés a en outre été consolidé par comparaison avec une valeur ponctuelle collectée renseignée par un opérateur de rang 2 qui conduit un procédé de séparation des plastiques.

Dans le cas d'opérateurs, de rang 2 et ultérieurs, procédant à des opérations de broyage/séparation des moteurs industriels ou des carcasses de tubes à rayons X, des données similaires à celles établies pour le broyage/séparation de fractions complexes ont été prises en compte, en considérant toutefois une consommation d'électricité par tonne supérieure dans la mesure où les moteurs et les carcasses arrivant en broyage sont entiers et de conception robuste.

Dans le cas d'opérateurs de rang 2 et ultérieurs, procédant à des opérations de préparation de CSR, les données d'activité prises en compte concernent :

- les consommations d'énergie des engins de manutention ;
- les consommations d'énergie du procédé ;
- les émissions de poussières.

La consommation d'énergie des engins de manutention a été établie à partir d'une valeur consolidée de la consommation des engins de manutention au niveau des opérateurs de rang 1. La consommation d'énergie du procédé a été établie à partir de données disponibles en interne et collectées chez un opérateur de préparation de CSR dans le cadre d'une autre étude. Les émissions de poussières sont quant à elle estimées par analogie avec les émissions de poussières de traitement de rang 1 du PAM.

O.1.4 INTRANTS ENERGETIQUES ET MATERIELS, EMISSIONS SPECIFIQUES DES OPERATIONS DE TRANSPORT AVAL AUX OPERATEURS DE RANG 2

[Données 37] Transports aval aux opérateurs de rang 2 ✕ **Nature des données d'activité** ► Tonnage en jeu, distances, gabarit des PL, taux de charge, taux de retour à vide

La visibilité sur les modalités effectives de transport des sous-fractions générées par les opérateurs de rang 2 et, le cas échéant, par les opérateurs aval au rang 2, est quasi nulle. Ces étapes de transport ont toutefois été modélisées en considérant l'ensemble des paramètres descriptifs précédemment utilisés pour les étapes de transport (tonnage, distances, gabarit des PL, taux de charge et taux de retour à vide) ; aucun conditionnement particulier n'a en revanche été considéré.

[Données 38] Transports aval aux opérateurs de rang 2 ✕ **Source et représentativité des données d'activité** ► Des scénarios types par zone géographique ou par marché ont été définis. Pour les scénarios par marché, les distances établies s'appuient sur des statistiques relatives aux zones d'utilisation (marché national intérieur, marché européen, marché asiatique) de différentes catégories de déchets (ex : métaux ferreux, cuivre, etc.). Pour les scénarios types, les référentiels PEP Ecopassport™ et le référentiel français pour l'affichage environnemental ont servi de points de référence pour établir les distances parcourues.

Les étapes de transport aval aux opérateurs de rang 2 sont modélisées en recourant à des scénarios types : i/ par zone géographique ; ii/ par marché.

Le tableau ci-dessous présente les cinq scénarios par zone géographique qui ont été exploités.

	Distance routière	Distance maritime	Exemples d'exploitation du scénario
Local	50 km	0 km	Transport entre un opérateur et une ISDND
Régional	150 km	0 km	Transport entre les préparateurs de calcin et les verriers
National	500 km	0 km	Transport entre un opérateur de négoce/massification et l'opérateur de traitement qui lui succède
Continental	1500 km	0 km	Transport de certaines sous-fractions produites à l'issue du processus de séparation des résines plastiques
Grand Export	750 km + 750 km	18 000 km	Transport de certaines sous-fractions produites à l'issue du processus de séparation des résines plastiques

TABEAU 12 – TRANSPORTS AVAL AUX OPERATEURS DE RANG 2 ✕ SCENARIOS DE TRANSPORT PAR ZONE GEOGRAPHIQUE

Dans le cas du transport routier qui intervient dans ces différents scénarios par zone géographique, les PL sont considérés comme correspondant aux plus gros gabarits généralement autorisés en Europe (40 t PTAC) ; leur taux de charge a été établi à 100 % : ceci se justifie par les logiques de massification qui gouvernent sur ces étapes ; un taux de retour à vide de 27 % a également été affecté à ces étapes.

Les scénarios de transport par marché interviennent sur la dernière étape de transport à chaque fois que celle-ci n'est pas connue de manière spécifique. Ils représentent donc les opérations de transport entre le dernier repreneur intermédiaire et les destinations finales.

Plusieurs profils de marché ont ainsi été établis pour les sous-fractions concernées :

- un profil « France » : lorsque l'opération intermédiaire est réalisée en France, un profil de marché représentatif des destinations géographiques des matériaux secondaires collectés en France est appliqué ;
- un profil « Par défaut » lorsque l'opération intermédiaire est réalisée en Europe hors France : ce profil est appliqué lorsque les opérations intermédiaires sont réalisées par exemple en Belgique, Allemagne, Luxembourg, Italie, Espagne.
- dans le cas des opérations intermédiaires réalisées en Asie (Chine, Pakistan, etc.), il a été fait l'hypothèse que les matériaux secondaires ainsi obtenus étaient intégralement utilisés en Asie.

Ne disposant pas de statistiques de marchés pour les seules fractions issues du traitement des DEEE, des données statistiques représentatives des matériaux secondaires – toutes origines confondues – ont été recherchées et identifiées pour les matériaux suivants :

- les déchets de métaux ferreux et les inox ;
- les déchets d'aluminium ;
- les déchets de cuivre ;
- les déchets de laiton, le bronze et le zinc ;
- les déchets de câbles électriques ;
- les déchets de cartes électroniques ;
- le calcin.

Sauf dans le cas du calcin, tous les scénarios par marché, sont des combinaisons de trois scénarios par zone géographique :

- national ;
- continental ;
- grand export.

Dans le cas du calcin, le marché est modélisé par le scénario de transport régional.

O.2 TRAITEMENT DES DONNEES/ELEMENTS DE METHODE

O.2.1 TRAITEMENT DES DONNEES

Concernant la modélisation des opérations conduites par les opérateurs de rang 2 et ultérieurs, aucun traitement des données n'a été mis en œuvre.

[Données 39] Transports aval aux opérateurs de rang 2 et traitement des données ► Le calcul de la consommation de carburant des PL, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide.

Comme pour la modélisation du transport routier lors des opérations de transport précédentes, le calcul de la consommation de carburant, sur une distance donnée, est modulé en fonction de leur taux de charge et de leur taux de retour à vide.

O.2.2 ELEMENTS DE METHODE

- **Affectation entre les différents matériaux d'une même fraction ou d'une même sous-fraction**

[Données 40] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures ☒ Affectation ► Dans la même logique que celle appliquée aux opérateurs de traitement de rang 1, les intrants associés au traitement d'une fraction/d'une sous-fraction par un opérateur de rang 2 ou par un opérateur de rang ultérieur, sont affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette fraction/sous-fraction

[Données 41] Transports aval aux opérateurs de rang 2 ☒ Affectation ► Dans la même logique que celle appliquée au transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2, les impacts associés au transport en aval des opérateurs de rang 2, d'une fraction/d'une sous-fraction, sont affectés de manière massique entre les différents matériaux constitutifs de cette fraction/sous-fraction

O.3 DONNEES D'INVENTAIRE D'ARRIERE-PLAN

[Données 42] Opérations de traitement de rang 2 et ultérieures ☒ Source des données d'inventaire ► Dans la même logique que celle appliquée aux opérateurs de traitement de rang 1, les données d'inventaire sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off ; le mix électrique est spécifique au pays dans lequel est localisé chacun des opérateurs ; concernant les émissions de poussières, elles sont modélisées par des émissions de particules du métal étudié dans le cas des métaux et elles sont modélisées sous forme de particules indifférenciées dans le cas des autres matériaux.

[Données 43] Transports aval aux opérateurs de rang 2 ☒ Source des données d'inventaire ► Dans la même logique que celle appliquée au transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2, les données d'inventaire sont issues d'ecoinvent V3.4 – allocation, cut-off.

O.4 QUALITE DES DONNEES ET ADEQUATION AUX EXIGENCES

Le tableau ci-dessous présente notre évaluation qualitative de la qualité des données et précise si les exigences de qualité préalablement définies ont été atteintes.

		Rappel des exigences	Atteintes des exigences/commentaires
Traitements de rang 2 et ultérieurs			
Process principal	Paramètres clés : Nature de l'activité exercée par l'opérateur de rang 2 et pays d'implantation	<u>Données spécifiques pour chaque opérateur de rang 2 identifié</u> Représentative de la période 2014-2017	Les exigences ont globalement été atteintes avec quelques zones d'incertitudes très ponctuelles pour des opérateurs qui peuvent, selon les cas, effectuer de la massification seulement ou des opérations de traitement
	Autres paramètres : Intrants énergies et matériels, taux de perte, taux d'extraction	<u>Données génériques par type d'activité</u> Représentative de la période 2014-2017	Les exigences ont globalement été atteintes : quelques données ponctuelles pourraient être consolidées à l'avenir comme le taux d'extraction de certains matériaux cibles (cartes électroniques) sur des fractions complexes (métaux plastiques en mélange ou fines métaux/plastiques)

		Rappel des exigences	Atteintes des exigences/commentaires
Autres process	Profil électricité, gazole non routier, etc.	<u>Données génériques :</u> Electricité : mix spécifique par pays, représentative de la période 2014-2017 Autres intrants : données représentatives Europe pour la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes
Transport aval aux opérateurs de rang 2			
Process principal	Paramètres clés : Distances parcourues, mode transport	<u>Données génériques de marché par type de déchets</u> Représentatives de la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes. Les scénarios de marché par type de déchets ont été établis de manière spécifique en distinguant les marchés depuis la France et les marchés depuis un autre pays européen
	Autres paramètres : Taux de charge, gabarits des PL, modalités de conditionnement, taux de retour à vide	<u>Données génériques par type de déchets</u> Représentatives de la période 2014-2017	Les exigences sont en partie satisfaites : tous les paramètres cités à l'exception du mode de conditionnement, ont bien été pris en compte mais avec des valeurs génériques s'appliquant de manière similaire à tous les déchets. Aucun mode de conditionnement n'a été pris en compte.
Autres process	Emissions de combustion des véhicules routiers / du transport maritime	<u>Données génériques :</u> Représentatives du parc PL roulant Européen pour le transport routier en 2014-2017 Représentatives du transport maritime à l'échelle globale pour la période 2014-2017	Les exigences ont été atteintes

TABLEAU 13 – OPERATIONS RANG 2 ET ULTERIEURES ET OPERATIONS DE TRANSPORT JUSQU' AUX DESTINATIONS FINALES : EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES ET ATTEINTE DES EXIGENCES

P. DESTINATIONS FINALES

P.1 ENJEUX CLEFS DE MODELISATION

[Enjeu Clef de Modélisation 6] Destinations finales ► Deux enjeux clefs ont été identifiés pour cette étape : **1/** modéliser le comportement des matériaux/composants étudiés dans les différentes destinations finales qu'ils atteignent de manière aussi spécifique que possible ; **2/** décliner la modélisation du comportement des matériaux/composants étudiés dans les différentes destinations finales avec et sans prise en compte des bénéfices apportés par les effets de substitution

P.1.1 MODELISATION SPECIFIQUE DU COMPORTEMENT DES MATERIAUX/COMPONENTS ETUDIES DANS LES DIFFERENTES DESTINATIONS FINALES

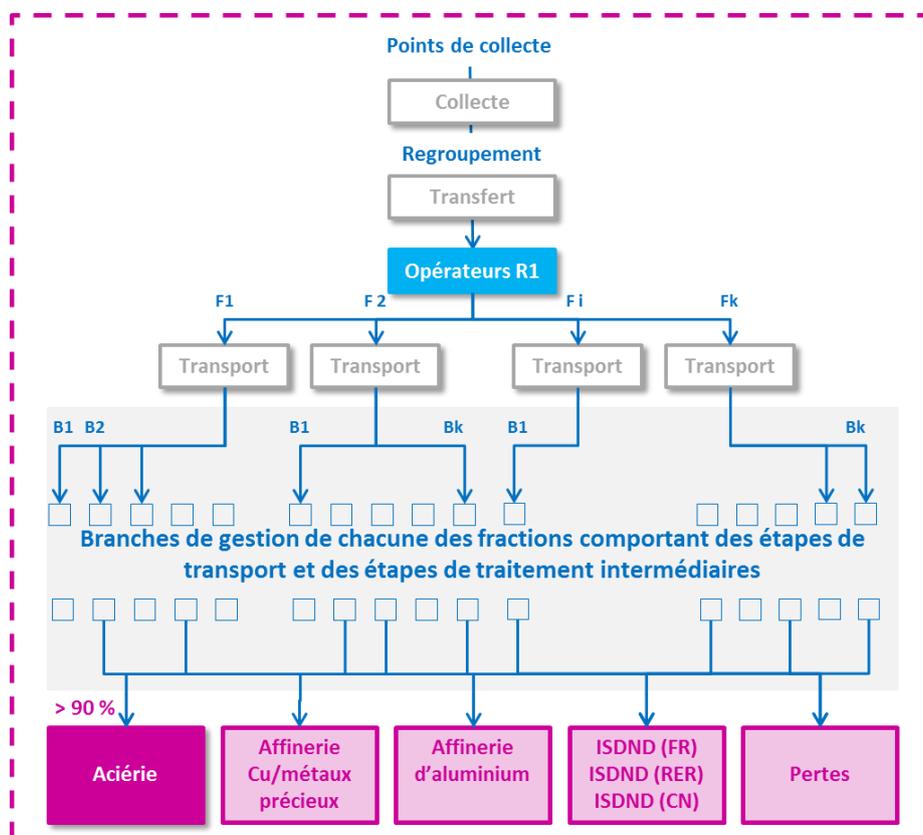
P.1.1.1 Rappel sur les impuretés

La gestion en fin de vie d'un matériau constitutif d'un DEEE – le commentaire étant valable pour la plupart des déchets – implique un nombre important d'opérations qui visent *in fine* à i/orienter de manière préférentielle ce matériau vers la ou les destinations finales les plus adéquates (acier en aciérie, verre en verrerie, gaz réfrigérant en UIDD, cuivre des câbles en fonderie de cuivre...) et ii/éviter que ce matériau soit orienté vers une destination finale inadaptée (cuivre en aciérie, mercure en verrerie, PVC en cimenterie...).

Toutefois, dans la pratique, cet objectif opérationnel n'est qu'imparfaitement atteint : chacun des matériaux initialement présent dans le déchet se retrouve toujours dispersé – certes de manière plus ou moins importante – entre différentes fractions ou sous-fractions et atteint donc – dans des proportions variables – la(les) destination(s) les plus adaptées qui sont ses destinations cibles mais également des destinations non souhaitées dans lesquelles il entre sous la forme d'impuretés.

La figure ci-dessous illustre par exemple l'éventail des destinations finales qui sont atteintes par l'acier des PAM compte tenu de sa dispersion dans chacune des fractions produites à l'issue du traitement de rang 1 (cf. Figure 6) et compte tenu de la gestion ultérieure de chacune de ces fractions et des pertes à chacune des étapes :

- L'essentiel de l'acier des PAM est orienté en aciérie (> 90 %) ;
- Le solde se distribue entre des affineries de cuivre/métaux précieux, des affineries d'aluminium, du stockage de déchets non dangereux (ayant lieu à plus de 90 % en France) ainsi que des pertes générées tout au long des opérations de gestion.



FR : France, RER : Europe, CN : Chine. La répartition entre les différentes destinations finales est connue de manière précise mais n'est pas indiquée pour des raisons de confidentialité

FIGURE 11 – DESTINATIONS FINALES ATTEINTES PAR LES MATÉRIAUX & ILLUSTRATION DE PRINCIPE AVEC L'ACIER DES PAM

P.1.1.2 Modélisation générique par affectation massique vs modélisation spécifique

[Données 44] Destinations finales & Affectation] ► La modélisation du comportement d'un matériau donné dans une destination finale donnée a été conduite de manière aussi spécifique que possible compte tenu des données accessibles. Elle met préférentiellement en jeu des règles d'allocation fonction de la nature des éléments ainsi que des règles d'affectation énergétiques ; selon les destinations finales, des règles d'affectation massique ont également été mises en œuvre pour prendre en compte certains aspects particuliers.

Compte tenu de la possible dispersion de chacun des matériaux/composants étudiés entre des destinations finales cibles et des destinations finales non visées, la question du choix entre deux options de modélisation envisageables s'est posée au moment de procéder à la qualification et la

quantification des impacts et des bénéfices associés au comportement d'un matériau donné dans une destination finale donnée (par exemple, le comportement de l'acier en ISDND ou celui de l'aluminium en aciérie) :

- a) **modélisation générique de chaque destination finale puis affectation massique entre les différents matériaux concernés** : cette option consiste par exemple à quantifier les impacts d'une tonne moyenne de déchets en ISDND puis à allouer de manière massique ces impacts aux différents matériaux concernés, la tonne de bois stockée ayant alors les mêmes impacts que la tonne de PS ou que la tonne de cuivre ; de même, cette option induit une équivalence entre les impacts et bénéfices qui sont affectés aux différents matériaux qui entrent dans une aciérie, que ces matériaux soient les matériaux cibles de l'aciérie (déchets d'acier, déchets d'inox) ou que ces matériaux soient au contraire des impuretés non souhaitées dans les entrées des aciéries (plastiques, cuivre, infusibles divers...)
- b) **modélisation spécifique du comportement de chaque matériau dans chaque destination qui le concerne** : au contraire de la précédente, cette option implique de chercher à comprendre les phénomènes qui sont en jeu lorsqu'un matériau intègre une destination finale et à construire la modélisation en conséquence. Par exemple, le comportement du bois et du cuivre en ISDND se démarque par le fait que le premier participe à la production de biogaz, ce qui n'est pas le cas du second ; les substances qui sont lixiviées sont également différentes entre ces deux matériaux. Dans le cas de l'aciérie, l'acier va principalement rester dans le bain d'acier alors que l'aluminium devrait normalement être écarté du bain d'acier pour intégrer les laitiers ; les laitiers ne se substituent pas à de l'acier mais sont néanmoins utilisés dans d'autres applications apportant des bénéfices par substitution.

Partant des cas les plus extrêmes, les cas par exemple de matériaux dont la présence est considérée comme critique par certaines filières de recyclage ou de valorisation, il nous a semblé qu'il aurait été particulièrement dérangeant d'attribuer à ces matériaux les impacts et les bénéfices qui sont engendrés par les systèmes dont ils constituent justement des perturbateurs.

En conséquence, la seule orientation qui paraissait tenable, et que nous avons cherché à mettre en œuvre, est celle qui consiste à tenter de qualifier et de quantifier les impacts d'un matériau donné dans une destination finale en cherchant à comprendre et décrire le comportement effectif de ce matériau dans cette destination.

P.1.1.3 Implications de la modélisation spécifique

Le choix ainsi réalisé – celui d'une approche spécifique du comportement des matériaux dans les destinations finales – n'est pas sans incidence :

- **sur la volumétrie du travail** : si la construction d'un ICV par destination finale aurait suffi dans l'approche consistant en une simple affectation massique, il faut envisager de construire autant d'ICV que de couple matériau/destination finale dans le cas d'une approche spécifique.
- **sur la finesse de l'analyse** : la caractérisation du comportement d'un matériau dans une destination finale donnée ne peut pas être traitée en boîte noire ; il s'est donc avéré impératif d'acquiescer de la visibilité sur les différentes opérations/réactions/phénomènes qui se produisent dans la destination à laquelle on s'intéresse et d'éclairer à la lumière de cette compréhension ce qu'il advient du matériau dans le cadre de cette destination.

Compte tenu de la complexité des systèmes industriels qui sont en jeu et de la complexité des phénomènes qui peuvent s'y dérouler, compte tenu également de la limitation des données aisément et publiquement accessibles, et compte tenu enfin des contraintes posées par le temps qu'il était possible d'accorder à chacun des cas, un certain nombre des ICV produits à l'issue de ce travail sont nécessairement imparfaits.

Le degré d'incertitude de l'ICV représentant les impacts d'un matériau donné dans une destination finale donnée – par exemple, les impacts de l'acier en ISDND – a toutefois été relativisé au regard de la contribution de cet ICV particulier dans la construction de l'ICV de gestion en fin de vie du matériau – *id est* la contribution de l'ICV de l'acier en ISDND dans l'ICV final de gestion en fin de vie de l'acier des GEMHF ou de gestion en fin de vie de l'acier des PAM.

P.1.2 DECLINAISON DES ICV AVEC ET SANS PRISE EN COMPTE DES BENEFICES APPORTES PAR LES EFFETS DE SUBSTITUTION

[Champ de l'étude 18 | Frontières \leftrightarrow Destinations finales] ► Lorsque pertinent, les ICV de gestion en fin de vie des matériaux/composants constitutifs des équipements électriques et électroniques sont déclinés selon deux modalités de comptabilisation des destinations finales : **1/ Avec bénéfiques** : les impacts associés au comportement du matériau/composant dans les destinations finales qu'ils atteignent et les bénéfiques apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique sont comptabilisés ; **2/ Sans bénéfiques** : seuls les impacts associés au comportement du matériau/composant dans les destinations finales qu'ils atteignent sont comptabilisés ; les bénéfiques apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique ne sont pas pris en compte.

Afin de répondre au mieux aux besoins des futurs utilisateurs, il a été choisi de décliner, lorsque pertinent, les ICV de gestion en fin de vie des matériaux constitutifs des équipements électriques et électroniques selon deux méthodes :

- méthode avec prise en compte des bénéfiques apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique ;
- méthode sans prise en compte des bénéfiques apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique.

Sur ce sujet, le lecteur pourra également se reporter à la section de ce document consacrée au positionnement des travaux par rapport à la CFF [6] du PEF [5] (cf. § T).

P.2 DONNEES D'INVENTAIRE

L'éventail des différentes destinations finales mises en jeu sur l'ensemble des travaux de construction des ICV est important. De plus, chacune de ces destinations peut se trouver localisée dans différentes régions géographiques :

- de manière majoritaire les destinations finales sont localisées : en France et dans d'autres pays européens (Allemagne, Espagne, Italie, Belgique...);
- de manière minoritaire : en Asie (Chine et Pakistan).

[Données 45 | Destinations finales \leftrightarrow Représentativité géographique des données d'inventaire] ► Les données d'inventaire du comportement des matériaux/composants dans les destinations finales qu'ils atteignent ont été construites : **1/ A l'échelle de la zone Europe (RER)** pour toutes les destinations correspondant à des opérations de valorisation matière et/ou énergie sauf pour l'incinération avec valorisation énergétique ; **2/ A l'échelle des zones France (FR), Europe (RER) et Chine (CN)** pour les destinations correspondant à des opérations de stockage ou d'incinération avec valorisation énergétique.

Les données accessibles pour procéder à la modélisation du comportement des matériaux dans les différentes destinations finales, ainsi que la volumétrie du travail nécessaire, n'ont pas permis de décliner les données d'inventaire de manière spécifique à chacune des zones géographiques concernées. Le choix a ainsi été fait de construire et d'exploiter des données d'inventaire :

- représentatives de la zone Europe (RER) pour toutes les destinations finales correspondant à des opérations de valorisation matière et/ou énergie sauf pour l'incinération avec valorisation énergétique ;
- déclinées selon les zones France, Europe et Chine pour les destinations finales correspondant à des opérations de stockage ou d'incinération avec ou sans valorisation énergétique ; dans le

cas particulier du stockage et de l'incinération de déchets dangereux, seule la zone France est concernée.

Destinations finales étudiées	Représentativité géographique des données exploitées
Aciérie	RER
Affinerie d'aluminium	RER
Affinerie de cuivre/métaux précieux	RER
Fonderie de cuivre	RER
Verrier	RER
Régénération d'huile claire	RER
Régénération de plastiques BF	RER
Régénération de plastiques BO	RER
Valorisation en BTP	RER
Valorisation en absorbant industriel	RER
Valorisation en protection de four d'incinérateur	RER
Valorisation du bois en fabrication de panneaux	RER
Valorisation de CSR en cimenterie	RER
Incinération avec valorisation énergétique	FR
Incinération avec valorisation énergétique	RER
Incinération avec valorisation énergétique	CN
Stockage de déchets non dangereux	FR
Stockage de déchets non dangereux	RER
Stockage de déchets non dangereux	CN
Incinération de déchets dangereux	FR
Stockage de déchets dangereux	FR

TABLEAU 14 – DESTINATIONS FINALES X LISTE ET REPRESENTATIVITE GEOGRAPHIQUE DES DESTINATIONS FINALES MODELISEES

[Données 46] Destinations finales x Source des données d'inventaire ► Les données d'inventaire du comportement des matériaux/composants dans les destinations finales qu'ils atteignent ont été construites en exploitant des données et informations issues de différentes sources de données : bases de données existantes (ecoinvent V3.4 et V3.2), logiciel dédié à l'évaluation environnementale de la gestion des déchets ménagers (Wisard™), données et informations publiées par des Fédérations Matériaux (European Aluminium Association, WorldSteel, European Copper Institute...), littérature technique et scientifique.

Compte tenu de l'éventail des destinations finales à couvrir et compte tenu de l'éventail de matériaux/composants susceptibles d'entrer dans chacune des destinations finales, les sources de données exploitées pour modéliser le comportement des matériaux dans les destinations finales qu'ils atteignent sont nombreuses et d'origines variées ; les différentes catégories de sources de données sont les suivantes :

- **bases de données existantes** : certains ICV présents dans ecoinvent V3. 4 et dans ecoinvent V3.2⁹ ont pu servir, pour tout ou partie, dans la construction de la modélisation du comportement des matériaux dans les destinations finales ;
- **outil d'évaluation environnementale de la gestion des déchets ménagers** : certains composants de calculs qu'il est possible de conduire avec Wisard™ ont été exploités dans la construction de la modélisation du comportement des matériaux dans les destinations finales ;

⁹ Le cas échéant, les inventaires relatifs à la consommation d'électricité et/ou à la combustion d'énergie fossile sont issus de la base ecoinvent V3.4. Les autres inventaires, dont la contribution est secondaire dans la modélisation du comportement des matériaux dans les destinations finales concernées, n'ont pas été actualisés en 2018 et sont issus de la base ecoinvent v3.2.

- **données et documents publiés par les Fédérations Matériaux** : des données et informations publiées par les Fédérations Matériaux (European Aluminium Association, WorldSteel, European Copper Institute...) ont été exploitées dans la construction de la modélisation du comportement des matériaux dans les destinations finales ;
- **articles scientifiques, thèses et documentations techniques** : lorsque les données et documents précédents ne s'avéraient pas suffisants pour construire la modélisation du comportement d'un matériau dans une destination finale donnée, des recherches bibliographiques ont été conduites dans le champ de la littérature technique et scientifique ; plusieurs Brefs (Industrie des métaux ferreux, Industrie de métaux non ferreux, Manufacture du verre, Incinération...) ont ainsi été exploités ainsi que des thèses et articles scientifiques.

L'ensemble des données et informations exploitées pour la modélisation du comportement des matériaux/composants dans les destinations finales qu'ils atteignent a été tracé et explicité dans le rapport interne et confidentiel sur les données d'arrière-plan d'août 2016 et son complément datant de juin 2018 (cf. Tableau 1).

P.3 QUALITE DES DONNEES ET ADEQUATION AUX EXIGENCES

Le tableau ci-dessous présente notre évaluation qualitative de la qualité des données et précise si les exigences de qualité préalablement définies ont été atteintes.

		Rappel des exigences	Atteintes des exigences/commentaires
Destinations finales			
Process principal	Paramètres clés : Nature des destinations finales atteintes par couple matériau/flux de DEEE	<u>Données spécifiques pour chaque couple matériau/flux de DEEE</u> : Représentatives de la période 2014-2017	Les exigences sont atteintes : le modèle établi permet de quantifier, pour chaque couple de matériau/DEEE, la nature des destinations finales qui sont atteintes et la répartition entre ces destinations
	Paramètres/données clés : Modélisation spécifique du comportement des matériaux dans chaque destination finale concernée sur la base de leurs caractéristiques clés	<u>Données représentatives des matériaux étudiés pour chaque destination finale</u> : UIOM/ISDND : représentatives des zones spécifiques France, Europe, Chine pour la période 2014-2017 Autres destinations : représentatives à l'échelle Europe et pour la période 2014-2017	Les exigences sont atteintes. Les données finales établies présentent toutefois une qualité variable selon les matériaux/destinations finales considérés ; cette appréciation de la qualité doit être relativisée en fonction de la proportion du matériau qui entre dans la destination finale pour une catégorie de DEEE (voir infra).

TABLEAU 15 – DESTINATIONS FINALES X EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES ET ATTEINTE DES EXIGENCES

La donnée de gestion en fin de vie dans le cadre de la filière DEEE d'un couple matériau/flux de DEEE fait intervenir diverses données de destinations finales pour la modélisation de la dernière étape : les données exploitées interviennent au *pro rata* de la proportion du matériau qui entre *in fine* dans chacune des destinations finales.

Certaines données de modélisation du comportement d'un matériau dans une destination finale sont considérées comme étant de bonne qualité et d'autres sont considérées comme étant de qualité assez pauvre : l'évaluation de la qualité globale de modélisation des destinations finales dépend de la proportion des données de bonne qualité et des données de pauvre qualité qui sont *in fine* exploitées ; l'évaluation de la qualité globale de modélisation des destinations finales est ainsi spécifique à chaque couple matériau/flux de DEEE.

Dans la modélisation conduite sous Simapro, un système de suivi de la qualité de modélisation des destinations finales a été spécifiquement mis en place. Le système permet, à l'issue du calcul de l'ICV d'un couple matériau/flux de DEEE, de déterminer :

- la proportion massique du matériau dont laquelle les données de modélisation du comportement en destination finale sont de bonne qualité ;
- la proportion massique du matériau dont laquelle les données de modélisation du comportement en destination finale sont de qualité adaptée ;
- la proportion massique du matériau dont laquelle les données de modélisation du comportement en destination finale sont de qualité pauvre.

Pour la majorité des couples matériau/flux de DEEE, les données de modélisation des destinations finales principales sont de bonne qualité ou de qualité adaptée. Il existe toutefois quelques cas pour lesquels les données de modélisation des destinations principales sont plus fragiles.

Pour chacune des données construites, la documentation qui accompagne la donnée précise la qualité finale obtenue en tenant notamment compte de la qualité de modélisation des destinations finales.

Q. CAS PARTICULIER DES DEEE PROFESSIONNELS FROID : MISE EN ŒUVRE D'UNE DEMARCHE SIMPLIFIEE

[Enjeu Clef de Modélisation 7] Démarche générale mise en œuvre pour les DEEE professionnels ► Pour les DEEE professionnels froid, une démarche simplifiée a été mise en œuvre en capitalisant sur les travaux conduits pour les DEEE ménagers. Ainsi, les données établies pour les flux ménagers ont servi de base de travail.

Compte tenu de la relative jeunesse de la filière anciennement organisée par Eco-systèmes sur les DEEE professionnels froid, les données disponibles pour ces flux sont plus limitées, qu'il s'agisse de campagnes de caractérisation réalisées chez les opérateurs de rang 1 assurant la dépollution et le traitement ou de la connaissance des compositions en matériaux de ces équipements (pas d'équivalent du programme DT9 déployé sur les DEEE ménagers).

Pour autant, des similitudes existent entre les DEEE professionnels ciblés par ces travaux (fontaines à eau, froid commercial, climatisations rooftop et petits équipements de climatisation) et les DEEE ménagers tels que le GEM F et le GEM HF :

- les matériaux entrant dans la composition des DEEE professionnels ciblés par ces travaux sont pour partie similaire à ceux des DEEE ménagers ;
- les DEEE professionnels sont traités chez des opérateurs de rang 1 traitant par ailleurs des DEEE ménagers (GEM F, GEM HF ou PAM).

Afin de pouvoir proposer des ICV adaptés aux DEEE professionnels aux adhérents d'ESR tout en optimisant la volumétrie des travaux à leur consacrer, ESR a souhaité conduire une démarche de travail simplifiée en capitalisant sur les travaux conduits pour les DEEE ménagers.

[Enjeu Clef de Modélisation 8] Destinations finales des matériaux étudiés ► Pour les DEEE professionnels froid, la mise en œuvre de la démarche simplifiée a tout d'abord nécessité d'identifier les lignes de traitement utilisées par les opérateurs pour ces équipements. Elle a également impliqué de tenir compte de certaines spécificités de traitement des DEEE professionnels en comparaison du traitement des flux ménagers.

Les modalités de traitement des DEEE professionnels contenant des gaz frigorigènes sont tout d'abord fonction de la quantité de fluide frigorigène présente dans l'appareil. Ainsi :

- Les équipements contenant **plus de 2 kg** de fluide frigorigène doivent être dépollués **sur site**. Cette dépollution est gérée par le détenteur de l'appareil, ESR étant chargé de la collecte et du traitement de l'équipement préalablement dépollué.
- Les équipements contenant **moins de 2 kg** de fluide frigorigène sont pris en charge par ESR et sont **dépollués chez des opérateurs spécialisés dans le traitement du GEM F**.

Ensuite, les modalités de traitement vont dépendre de la présence ou non de mousses isolantes (présence de gaz d'expansion) dans les appareils, ainsi que des arbitrages de process réalisés par les opérateurs de traitement de rang 1.

Ainsi, la figure suivante schématise les différents types de process susceptibles d'être mobilisés par les opérateurs de rang 1 pour le traitement des DEEE professionnels froid étudiés.

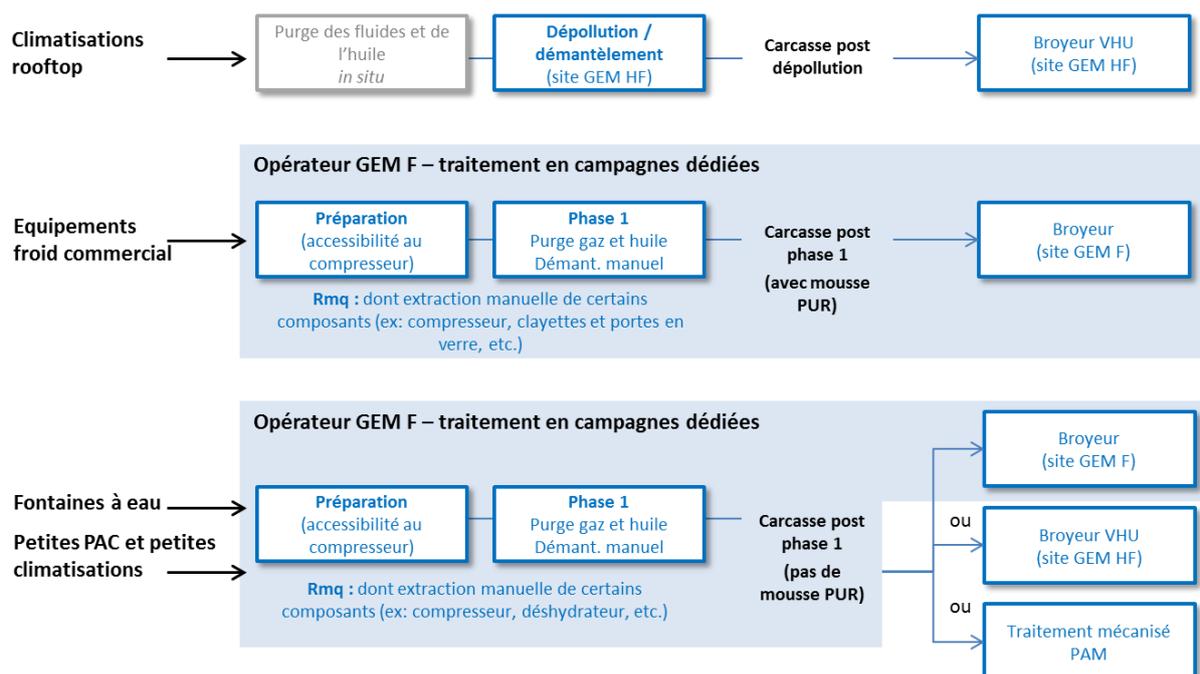


FIGURE 12 – MODALITES DE TRAITEMENT DES DEEE PROFESSIONNELS FROID ETUDIÉS

Onze opérateurs situés en France – dont deux opérateurs localisés dans les DOM-COM – ont réceptionnés et traités des tonnages appartenant aux quatre familles sélectionnées pour l'année 2017 (année prise en compte pour la répartition des tonnages entre opérateurs de rang 1).

Il a également été nécessaire d'identifier les similitudes avec les DEEE ménagers ainsi que les spécificités des DEEE professionnels en ce qui concerne leur traitement et les destinations finales des matériaux.

[Données 47 | Traitement des données pour établir les destinations finales des matériaux] ► La construction des ICV de fin de vie des matériaux nécessite d'établir de manière quantifiée dans quelles destinations finales ces matériaux sont orientés. Afin d'établir ces distributions, une procédure de calcul a été mis en œuvre en s'appuyant : (i) sur la connaissance des procédés mobilisés par chacun des opérateurs, (ii) sur la répartition des tonnages de DEEE professionnels froid par opérateurs, (iii) le profil de distribution des matériaux préalablement établis pour le GEMF, le GEM HF et le PAM.

Les profils de distribution des matériaux vers les différentes destinations finales résultent des efficacités des lignes de process et des arbitrages opérés par les opérateurs en ce qui concerne les modalités de gestion des fractions par leurs repreneurs.

Les équipements professionnels froid étant traités chez les mêmes opérateurs que ceux assurant le traitement des appareils ménagers pour ESR, il a été possible d'optimiser la démarche de travail en s'appuyant – autant que possible – sur les profils de distribution établis pour les flux ménagers.

Ainsi, le processus de calcul décrit ci-après a été déployé pour les quatre sous-catégories de DEEE professionnels froid étudiées.

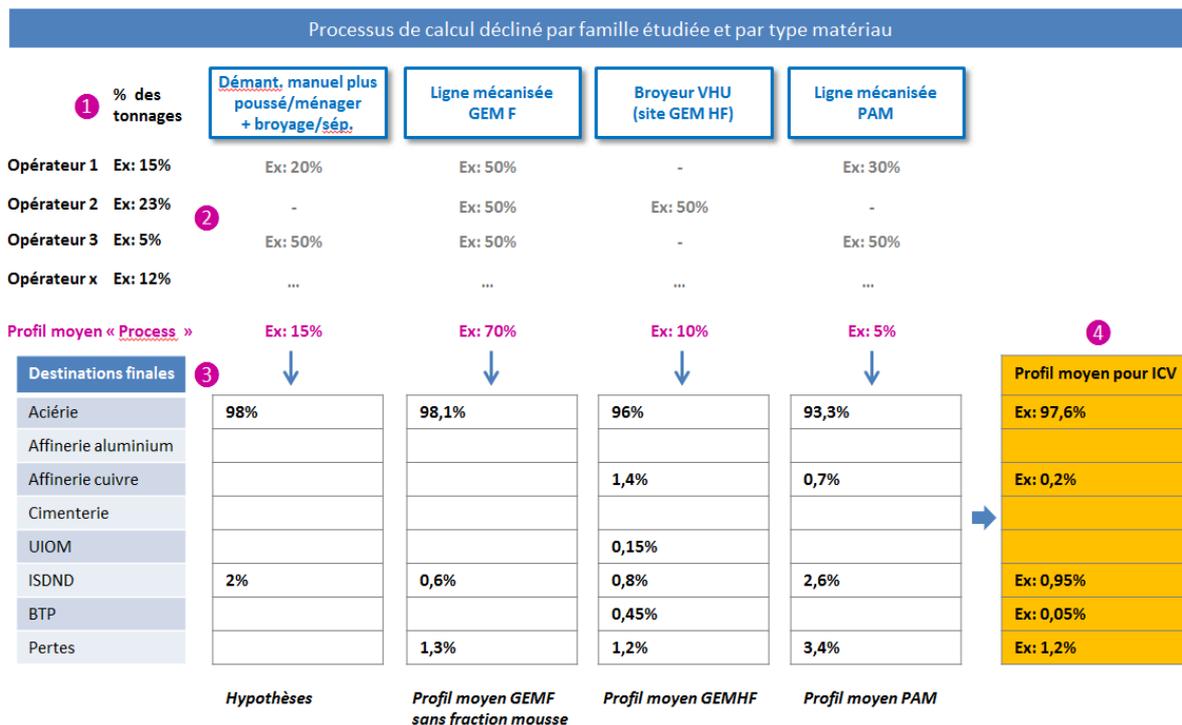


FIGURE 13 – PROCESSUS DE CALCUL POUR DETERMINER LES DESTINATIONS FINALES DES MATERIAUX DES FONTAINES A EAU ET PETITS EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION

Afin d'établir ce profil de distribution des matériaux dans les destinations finales, le processus de calcul schématisé ci-dessus a été suivi :

- ① : Les opérateurs de rang 1 ayant traité en 2017 des tonnages de d'équipements professionnels froid appartenant aux quatre familles étudiées ont été identifiés ainsi que le % de tonnages traités par chacun des opérateurs pour cette même année.
- ② : Pour chacun des opérateurs, un travail a été conduit afin d'établir dans quels types de process sont orientés les matériaux constitutifs des équipements. Il a été réalisé par matériau en considérant les catégories suivantes : gaz, huile, métaux ferreux, aluminium, cuivre, cartes, câbles, plastiques.

Certains opérateurs disposent d'une ligne unique de traitement mécanisé, d'autres opérateurs ont quant à eux la possibilité de mobiliser plusieurs types de process pour traiter les carcasses dépolluées des appareils. Afin de pouvoir réutiliser les données établies pour les flux ménagers, il a donc été nécessaire de recourir à la catégorisation suivante :

- Un démantèlement manuel, dès lors qu'il est plus poussé que celui pris en compte dans les ICV existants pour le GEM F ;
- Une ligne de process de type GEM F (comprenant du démantèlement manuel et du broyage) ;
- Une ligne de process de type GEM HF (broyeur VHU) ;
- Une ligne de process de type PAM.

A l'issue de ce travail, un profil moyen d'orientation vers les process de traitement caractérise chacun des matériaux étudiés.

- ③ : Les travaux de modélisations existants pour le GEMF, le GEM HF et le PAM ont ensuite été exploités afin de disposer, pour les différentes combinaisons matériau/ligne de process, d'un profil de distribution du matériau vers les destinations finales.

Des adaptations ont toutefois été nécessaires afin de tenir compte des spécificités des DEEE professionnels froid comparativement aux appareils de froid ménager.

- ④ : par consolidation des données précédemment établies, il a été possible d'établir le profil moyen de distribution vers les destinations finales de chacun des matériaux constitutifs des familles étudiées.

[Données 48] Adaptation des données existantes aux spécificités de traitement des DEEE professionnels

► Les situations pour lesquelles une réutilisation directe des données établies pour les flux ménagers n'était pas possible ou pertinente ont été identifiées et ont conduit à modifier les profils de destinations finales de certains matériaux constitutifs des DEEE professionnels froid.

Les situations pour lesquelles une réutilisation directe des données établies pour les flux ménagers n'était pas possible ou pertinente ont été identifiées. Les principales adaptations qui ont ainsi été réalisées sont listées ci-après :

- Adaptation des taux de pertes amont de gaz réfrigérants et d'huile aux cas d'équipements professionnels ;
- Modification des profils de destinations finales des matériaux dans le cas d'équipements ne contenant pas de mousse isolante avec agent gonflant (cas des fontaines à eau et des petits équipements de climatisation) et traités en campagnes dédiées dans des installations de traitement de GEM F ;
- Modalités de gestion et destinations finales des plastiques des DEEE professionnels froid contenant des RFB et traités sur une ligne GEM F ou une ligne GEM HF ;
- Adaptation des taux de captation des agents gonflants présents dans les mousses du froid commercial ;
- Modalités de gestion et destinations finales du verre présent dans les équipements de froid commercial.

[Données 49] Destinations finales et Localisation géographique des données d'inventaire ► Des hypothèses simplifiées de localisation géographique des destinations finales ont été établies pour les équipements professionnels froid.

La modélisation du bilan environnemental de la fin de vie des matériaux nécessite d'établir la localisation géographique des destinations finales. Une démarche optimisée ayant été mise en œuvre pour les DEEE professionnels froid, des hypothèses simplifiées de localisation géographique des destinations finales ont été établies pour ces équipements :

Destinations finales	Hypothèse simplifiée de localisation géographique
Destinations de type recyclage : <i>Aciérie, affinerie cuivre, affinerie aluminium, fonderie cuivre, recyclage plastique, recyclage en absorbants, verrier, régénération d'huile</i>	Europe
Cimenterie	Europe
UIDD	France
UIOM	Europe*
ISDND	France

*dans le cas des plastiques du GEM F envoyés en incinération avec valorisation énergétique, les UIOM ne sont pas localisées en France.

TABLEAU 16 – DESTINATIONS FINALES : HYPOTHESES SIMPLIFIEES DE LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

[Données 50] Opérations de traitement de rang 1 et ultérieures ✕ **Hypothèses considérées pour les données d'activité** ► Les besoins en utilités et les rejets de ces étapes de traitement de rang 1, de rang 2 et ultérieures et des étapes de transports jusqu'aux destinations finales ont été pris en compte en s'appuyant sur les données d'ores et déjà établies pour les flux ménagers GEMF, GEM HF et PAM.

Les activités des opérateurs de rang 1 et de rangs ultérieurs nécessitent diverses formes d'énergie et d'utilités pour faire fonctionner leurs lignes de traitement ainsi que les engins de manutention et les chargeuses. De plus, des étapes de transport permettent d'acheminer les matériaux depuis les opérateurs de rang 1 vers les opérateurs en aval et jusqu'aux destinations finales.

Dans le cadre de la démarche de travail simplifiée mise en œuvre pour les DEEE professionnels froids, les besoins en utilités et les rejets de ces étapes ont été modélisés de la façon suivante :

- **Pour les opérateurs de rang 1**, les calculs sont basés sur :
 - (i) la répartition des matériaux entre lignes de process ;
 - (ii) les profils moyens établis sous SIMAPRO pour les opérateurs de rang 1 du GEM F, du GEM HF et du PAM en ce qui concerne les utilités (consommation d'électricité, de carburants, d'azote) et les émissions de poussières.
 - (iii) Le mix de production électrique de la France.
- **Pour les opérateurs de rang 2 et suivants ainsi que les étapes de transport jusqu'aux destinations finales** : les consommations d'électricité et de carburants à l'échelle de l'ensemble de ces étapes ont été établies en considérant :
 - (i) la répartition des matériaux entre lignes de process ;
 - (ii) les indicateurs de flux moyens calculés sous SIMAPRO par matériau et par flux de DEEE (GEM F, le GEM HF et le PAM) ;
 - (iii) Le mix de production électrique européen (hypothèse simplificatrice).

R. APPRECIATION DE LA QUALITE DES DONNEES AU REGARD DES ATTENTES DU PEF

En complément des éléments précédemment présentés, cette section fournit à titre informatif une appréciation de la qualité des données utilisées dans le cadre de ces travaux au regard des attentes de la méthodologie PEF (Product Environmental Footprint).

La version 6 du Guide européen encadrant le développement de PEFCR (product Environmental Footprint Category Rules)¹⁰, dispose au moment de la réalisation de cette section, précise en effet les modalités d'évaluation de la qualité des données ainsi que les exigences à atteindre.

En ce qui concerne les procédés qui ne sont pas directement gérés par les entreprises qui appliqueront les PEFCR et pour lesquels ces entreprises n'ont pas la possibilité de disposer de données qui leur soient spécifiques (situation 3 de la Data Needs Matrix), les attentes formulées par le guide européen sont les suivantes :

- Pour les principaux procédés : utilisation de données secondaires sous format agrégé. Les inventaires par défaut ainsi utilisés doivent obtenir un DQR ou data quality rating ≤ 3 ;
- Pour les autres procédés : utilisation de données secondaires sous format agrégé. Les inventaires par défaut ainsi utilisés doivent obtenir un DQR ou data quality rating ≤ 4 .

¹⁰ European Commission, 2016, Environmental Footprint Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.0, November 2016

Les données prises en compte pour la modélisation des différentes étapes intervenant lors de la fin de vie des EEE ont ainsi été évaluées – à dire d’expert – en considérant les quatre critères de la méthodologie PEF et une échelle d’évaluation à 5 niveaux :

- Critères :
 - Représentativité géographique (GR) ;
 - Représentativité temporelle (TiR) ;
 - Représentativité technologique (TeR) ;
 - Précision (P) ;
- Echelle d’évaluation de la qualité :
 - 1 : très bonne (very good)
 - 2 : bonne (good)
 - 3 : satisfaisant (fair)
 - 4 : médiocre (poor)
 - 5 : mauvaise (very poor)
- Calcul du rating : $DQR = (GR+TiR+TeR+P)/4$

Pour chacune des étapes évaluées, un ensemble conséquent de données provenant de sources différentes et portant sur des matériaux ou entrants/sortants environnementaux différents ont été mobilisées.

Le tableau ci-dessous propose ainsi une évaluation moyenne, celle-ci pouvant être complétée par une évaluation différenciée – valeur présentée entre parenthèses, par exemple (3) – concernant les cas particuliers identifiés :

Etapes (cf. Tableau 4)	DQR	Critères évalués				Remarques et points d’attention
		GR	TiR	TeR	P	
Collecte/regroupement						
	1	1	1	1	2	
Traitement de rang 1						
	1 - 1,5	1	1	1-2	1-2 (4)	TeR et P = 2 : Ecrans plats (dalles) et PEP Med & Bât TeR et P = 3 : DEEE professionnels Froid (sauf si 4), GEP&Mobiles, luminaires, onduleurs P=(4) : cas particulier des émissions de poussières (granulométrie non connue) et du profil de distribution dans les fractions sortantes de certains matériaux des DEEE professionnels froid
Transport Opérateur 1 - Opérateurs 2						
	1 - 1,5	1-2	1	1	1-2	
Traitements de rang 2 et suivants						
	2	2	2	2	2	
Transport Opérateurs 2 – Opérateurs 3 et suivants						
	2,5	3	2	2	3	
Destinations finales						

Nature des destinations	1 - 2,5	1-3	1-2	1-3 (4)	1-2	GR et/ou TeR = 3 : tous les flux de DEEE professionnels, Ecrans Plats (dalles) et plus généralement résines plastiques des différents flux étudiés TeR = (4) : cas de certains matériaux des DEEE professionnels Froid
Modélisation destinations principales	1 - 3	1-3	1-3	1-3	1-3 (4)	Evaluation varie selon les couples matériau/destination
Modélisation destinations secondaires et marginales	2 - 4	2-3 (4)	2-3 (4)	2-3 (4)	2-3 (4)	P= (4) : cas particulier des flux contribuant aux impacts toxiques et écotoxiques

TABLEAU 17 – SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DES DONNÉES EXPLOITÉES ÉTAPE PAR ÉTAPE

De manière générale, les données exploitées satisfont aux exigences définies par la méthodologie PEF (DQR \leq 3 pour les procédés principaux et DQR \leq 4 pour les procédés intervenant de manière plus marginale) avec toutefois des points de vigilance concernant les indicateurs d'impacts rendant compte des effets toxiques et écotoxiques ainsi que des effets associés aux poussières (effets respiratoires notamment).

POSITIONNEMENT DES TRAVAUX PAR RAPPORT A LA CIRCULAR FOOTPRINT FORMULA

Cette section présente le positionnement des travaux qui ont été réalisés par rapport à la formule de « fin de vie » retenue [6] dans le cadre du PEF.

Les travaux de construction des ICV de gestion des DEEE n'ont pas pour objectif initial de satisfaire les exigences posées dans le cadre de PEF et plus particulièrement les exigences qui s'appliquent à la formule de fin de vie retenue dans ce cadre.

La question du positionnement de ces travaux par rapport à la méthodologie européenne – la Circular Footprint Formula – est donc traitée à des fins pédagogiques, en souhaitant que cette explicitation par rapport à un référentiel qui devrait être largement partagé contribue à la transparence des travaux de construction des ICV de gestion des DEEE. Ce positionnement s'accompagne également de quelques enseignements visant, d'une certaine manière, à contribuer aux réflexions de la communauté de praticiens ACV sur l'évaluation de la gestion en fin de vie.

S. RAPPEL SUR LA CFF

La formule qui a été établie en remplacement de la formule de « fin de vie » présentée à l'annexe V du Guide sur l'Empreinte Environnementale des Produits (PEF Guide [5]), dorénavant renommée « Circular Footprint Formula » [6], est présentée ci-dessous :

Matière

$$(1 - R_1)E_v + R_1 \left(AE_{recycled} + (1 - A)E_v \times \frac{Q_{sin}}{Q_p} \right) + (1 - A)R_2 \times \left(E_{recyclingEoL} - E_v^* \times \frac{Q_{sout}}{Q_p} \right)$$

Energie

$$(1 - B)R_3 \times (E_{ER} - LHV \times X_{ER,heat} \times E_{SE,heat} - LHV \times X_{ER,elec} \times E_{SE,elec})$$

Elimination

$$(1 - R_2 - R_3) \times E_D$$

<i>A</i>	Facteur d'allocation des impacts et bénéfices entre le fournisseur et l'utilisateur de matériaux recyclés
<i>B</i>	Facteur d'allocation lors de la valorisation énergétique ; ce facteur s'applique à la fois aux impacts et aux bénéfices
<i>Q_{sin}</i>	Qualité au point de substitution du matériau recyclé intégré en production
<i>Q_{sout}</i>	Qualité au point de substitution du matériau recyclé en fin de vie
<i>Q_p</i>	Qualité du matériau primaire
<i>R₁</i>	Proportion du matériau recyclé entrant dans les intrants à la production
<i>R₂</i>	Proportion du matériau du produit qui sera recyclé (réutilisé) dans un système suivant. <i>R₂</i> doit prendre en compte les défauts d'efficacité de la collecte et du process de recyclage (ou de la réutilisation). <i>R₂</i> doit être mesuré à la sortie du site de recyclage.
<i>R₃</i>	Proportion du matériau du produit qui est utilisé pour de la valorisation énergétique en fin de vie
<i>E_{recycled}</i>	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) générées par le procédé de recyclage (réutilisation) matière, incluant la collecte, le tri et le transport
<i>E_{recyclingEoL}</i>	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) générées par le procédé de recyclage (réutilisation) matière en fin de vie, incluant la collecte, le tri et le transport

E_v	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) générées par l'approvisionnement et la production de la matière vierge
E_v^*	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) générées par l'approvisionnement et la production de la matière vierge à laquelle se substitue le matériau recyclé
E_{ER}	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) générées par la valorisation d'énergie (ex : incinération avec valorisation énergétique, stockage avec valorisation énergétique...)
$E_{SE,heat}$	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) qui auraient été générées par la chaleur à laquelle se substitue l'énergie valorisée
$E_{SE,elec}$	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) qui auraient été générées par l'électricité à laquelle se substitue l'énergie valorisée
E_D	Emissions spécifiques et ressources consommées (par unité d'analyse) générées par l'élimination des déchets en fin de vie, sans valorisation énergétique
$X_{ER,heat}$	Efficacité de valorisation énergétique pour la chaleur
$X_{ER,elec}$	Efficacité de valorisation énergétique pour l'électricité
LHV	Pouvoir calorifique inférieur du matériau qui fait l'objet d'une valorisation énergétique

Dans le cas des produits finis, des valeurs de A et B par défaut sont imposées.

Matériaux recyclables pour lesquels on a :	Exemples	Valeur de A	Valeur de B
Offre faible et forte demande	Verre, métaux, papiers	0,2	0
Offre forte et faible demande	Textiles	0,8	0
Offre et demande équilibrées	Plastiques	0,5	0

TABEAU 18 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF ET VALEURS PAR DEFAUT DE A ET B POUR LES PRODUITS FINIS DANS LA CFF

T. POSITIONNEMENT DES TRAVAUX PAR RAPPORT A LA CFF

T.1 PERIMETRE

[Position par rapport à la CFF 1 | Périmètre] ► Le périmètre étudié dans le cadre des travaux exclut les termes se référant à la phase de production qui sont couverts dans le cadre de la CFF

Le périmètre étudié dans le cadre de la création des ICV de gestion des DEEE concerne la partie fin de vie de la CFF et exclut les termes se référant à la phase de production.

Composant non concerné par le périmètre des ICV

Matière (production) $(1 - R_1)E_v + R_1 \left(AE_{recycled} + (1 - A)E_v \times \frac{Q_{sin}}{Q_p} \right) +$	Matière (fin de vie) $(1 - A)R_2 \times \left(E_{recyclingEoL} - E_v^* \times \frac{Q_{sout}}{Q_p} \right)$
Energie $(1 - B)R_3 \times (E_{ER} - LHV \times X_{ER,heat} \times E_{SE,heat} - LHV \times X_{ER,elec} \times E_{SE,elec})$	
Elimination $(1 - R_2 - R_3) \times E_D$	

[Position par rapport à la CFF 2 | Périmètre] ► Le périmètre étudié dans le cadre des travaux ne concerne qu'une partie de la fin de vie couverte dans le cadre de la CFF : la gestion des DEEE qui ne sont pas collectés dans le cadre de la filière est exclue des travaux

La figure ci-après (Figure 14) présente un schéma de principe des flux en jeu pour le matériau ciblé tel qu'établi par le JRC dans le cadre de la CFF.

On observe notamment dans ce schéma que la quantité d'un matériau donné mis sur le marché (1) se répartit en fin de vie entre :

- la quantité collectée (2)
- la quantité non collectée (3) qui est assimilée à des déchets.

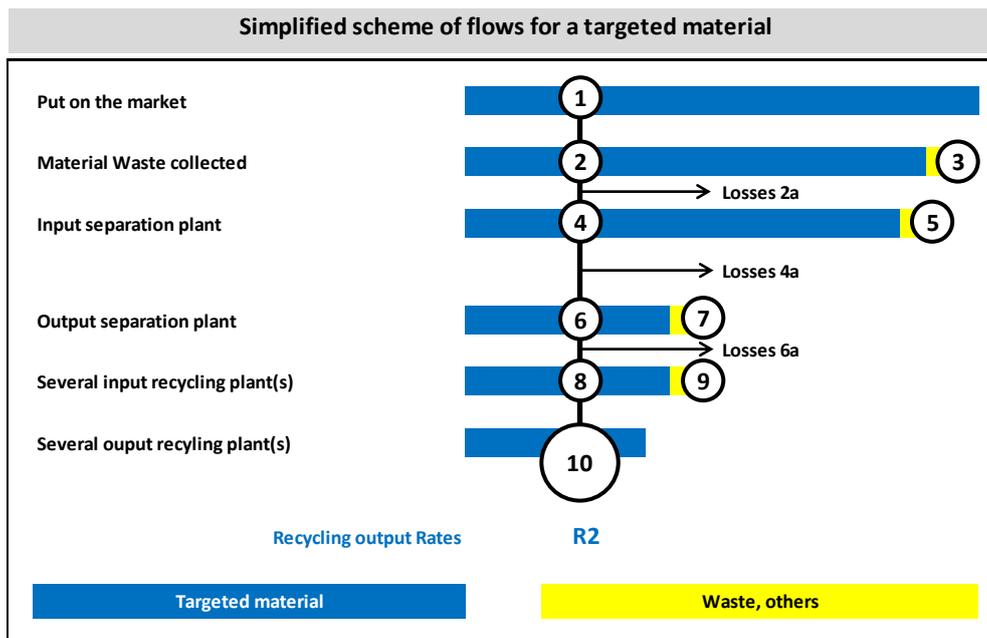


FIGURE 14 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF 2 REPRESENTATION SIMPLIFIEE DE LA COLLECTE POUR RECYCLAGE D'UN MATERIAU (JRC)

Dans la réalité et selon les catégories de produits, les quantités qui ne sont pas collectées dans le cadre des filières REP peuvent être plus importantes que ne paraît le suggérer la figure : ceci est notamment le cas pour des filières relativement jeunes comme celles des DEEE.

Par ailleurs, la gestion en fin de vie des matériaux qui ne sont pas collectés dans le cadre de la filière est plus complexe que des opérations d'élimination conventionnelles :

- **des opérations de recyclage peuvent être conduites dans le périmètre « hors filière »** : certains matériaux récupérés « hors filière REP » peuvent faire l'objet d'une valorisation matière préférentielle dans le cadre d'une économie informelle, c'est notamment le cas d'une partie des métaux courants et des composants contenant des métaux précieux ;
- **les opérations de dépollution et de gestion dans les filières adéquates des substances dont le retrait est imposé par la réglementation ne sont probablement pas conduites de manière adaptée dans le périmètre « hors filière »** : les opérations qui sont conduites « hors filière » n'ayant pas été étudiées, il est délicat d'être catégorique sur ce qu'il advient des substances dont le retrait est normalement imposé par la réglementation ; il existe toutefois une forte présomption, notamment par méconnaissance ou par souci d'économie, en faveur d'une absence de dépollution et de gestion des polluants extraits dans les filières adéquates. Dans tous les cas, une défaillance dans la dépollution ou une gestion inadaptée des polluants extraits peut conduire à des impacts importants.

La figure suivante (Figure 15) propose une version alternative à la figure établie par le JRC et dans laquelle sont mis en exergue :

- le périmètre de gestion en fin de vie dans la cadre de la filière REP, ce périmètre correspondant au périmètre couvert dans le cadre de ces travaux ;
- le périmètre de gestion en fin de vie hors de la filière REP, ce périmètre étant exclu du périmètre couvert dans le cadre de ces travaux et ce périmètre étant, de manière générale, mal connu.

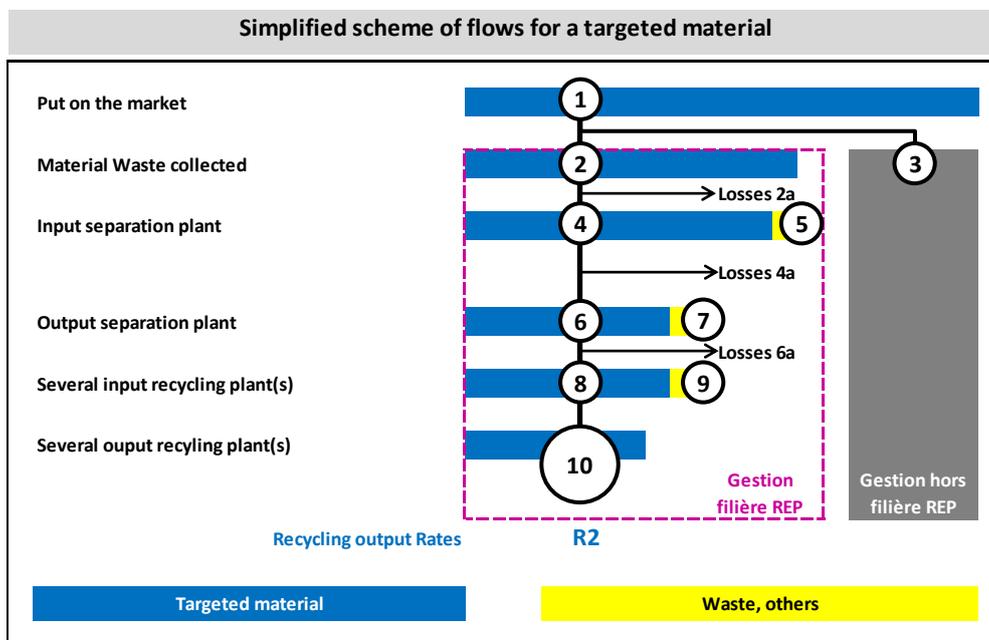


FIGURE 15 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF 3 REPRESENTATION SIMPLIFIEE DE LA COLLECTE POUR RECYCLAGE D’UN MATERIAU (JRC) 3 INTRODUCTION D’UNE DISTINCTION ENTRE LA GESTION FILIERE ET HORS FILIERE

T.2 PARAMETRES

T.2.1 PARAMETRES D’ALLOCATION A ET B

[Position par rapport à la CFF 3 | Paramètres d’allocation A et B] Le paramètre d’allocation des bénéfices apportés par la valorisation matière et le paramètre d’allocation des bénéfices apportés par la valorisation énergétique sont de 0 pour tous les couples matériau/flux de DEEE étudiés.

Pour les produits finis tels que les équipements électriques et électroniques, la CFF impose des valeurs par défaut pour les facteurs d’allocation A et B..

	Valeur A CFF	Valeur A dans les travaux	Valeur B CFF	Valeur B dans les travaux
Verre, métaux	0,2	0	0	0
Plastiques	0,8	0	0	0
Bois, béton	Non cité	0	0	0

TABEAU 19 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF 3 PARAMETRES D’ALLOCATION A ET B CONSIDERES DANS LES TRAVAUX

Outre le fait qu’il n’était pas dans les objectifs du projet de produire des données respectant la méthodologie de la CFF, il convient de considérer que la version finale de la CFF a été établie tardivement par rapport à ces travaux. La valeur d’allocation sur les bénéfices apportés par la valorisation matière est différente des valeurs de la CFF : le paramètre A d’allocation des bénéfices du recyclage a été considéré comme égal à 0 pour tous les couples matériaux/DEEE étudiés.

Il est à noter qu’un alignement de la valeur de A sur les recommandations de la CFF pourrait se traduire par une évolution potentiellement significative voire importante des résultats des ICV.

T.2.2 TAUX DE RECYCLAGE R2

[Position par rapport à la CFF 4|Taux de recyclage R2] ► Chacun des taux de recyclage R2 exploité dans le projet a été calculé en répondant aux exigences de la CFF : le calcul a été conduit en considérant, sur toute la chaîne entre les points de collecte de la filière et la sortie du process de recyclage, les différentes pertes possibles et la part des matériaux orientée vers des fractions non valorisées

En ce qui concerne le taux de recyclage R2, la CFF insiste particulièrement sur le fait que ce taux doit tenir compte des défauts d'efficacité qui interviennent dans la chaîne de collecte et de recyclage ; la CFF impose que ce taux soit déterminé en sortie du procédé de recyclage.

Le schéma simplifié proposé par le JRC (Figure 14) propose une forme d'encadrement du calcul du taux de recyclage R2 en pointant les possibles lacunes dans l'efficacité de la chaîne de collecte/traitement : on observe en effet sur cette figure une mise en exergue i/des différentes pertes (pertes 2a, pertes 4a, pertes 6a) , ii/ des possibles orientations d'une partie du matériau cible vers des fractions « déchet » qui ne font pas l'objet d'un recyclage (flux 3, flux 5, flux 7, et flux 9) et iii/ la question de l'efficacité du procédé de recyclage (différence entre le flux 8 et le flux 10).

Pertes et flux déchets*	Positionnement des travaux	Commentaires
Flux 3	Hors périmètre des travaux	Ce flux correspond à la proportion de DEEE qui est gérée hors filière. Il est hors périmètre des travaux. Son étude met potentiellement en jeu des opérations plus complexes qu'une simple élimination : la gestion de ce flux peut inclure des opérations de valorisation matière et/ou énergétique ; il devrait également intégrer une quantification des carences en termes de dépollution et/ou de gestion adéquate des polluants (cf. T.1)
Pertes 2a	Prises en compte	Des pertes « amont » ont été comptabilisées pour les couples matériau/flux de DEEE pour lesquelles ceci s'avère pertinent ; c'est notamment le cas des gaz réfrigérant et des huiles claires des GEMF ainsi que du Hg des T&L. (cf. F.2)
Flux 5	Pris en compte mais égal à 0	Des indésirables sont écartés par les opérateurs en entrée de procédé de traitement : ces indésirables correspondent à des objets qui ne font pas partie des DEEE. Dans le cas des couples matériaux/DEEE étudiés, aucun matériau n'est écarté du procédé de traitement en entrée d'opérateur.
Pertes 4a	Prises en compte	Des pertes ont été systématiquement prises en compte pour toutes les étapes de traitement. Le taux de pertes a été établi de manière spécifique sur la base de mesures dans le cas des gaz réfrigérant et des gaz d'expansion des GEMF ainsi que dans le cas du Hg des T&L. Le taux de pertes a été établi par estimation de manière générique par catégorie de DEEE pour tous les autres couples matériaux/DEEE. Pour les matériaux solides, ces pertes correspondent essentiellement à des particules fines qui sont en majorité captées (ou qui restent dans les installations entre deux périodes de nettoyage) mais qui sont également émises à l'atmosphère dans de faibles proportions.
Flux 7	Pris en compte	La quantification de la dispersion de chacun des matériaux étudiés entre les différentes fractions produites en sortie de traitement de rang 1 puis l'analyse de la gestion ultérieure de chacune de ces fractions jusqu'aux destinations finales a permis d'identifier de manière précise l'éventail des destinations finales qui sont atteintes par chacun des matériaux étudiés. Les travaux permettent donc d'avoir une quantification solide des quantités qui entrent dans les procédés de recyclage, dans les procédés de valorisation énergétique et dans les procédés d'élimination. (cf. 0)

Pertes et flux déchets*	Positionnement des travaux	Commentaires
Pertes 6a	Prises en compte	Des pertes ont été systématiquement comptabilisées pour les opérateurs de massification/négoce qui sont susceptibles d'intervenir entre les opérateurs de traitement et les opérateurs de recyclage (ainsi qu'entre des opérateurs de traitement successifs)
Efficacité de recyclage	Prise en compte	La modélisation des destinations finales a été conduite en considérant autant que possible, sur la base des connaissances recensées, le comportement spécifique des matériaux dans chacune des destinations finales qu'ils atteignent. Pour les matériaux cibles des process de recyclage, cette approche implique la considération de l'efficacité de ces procédés ; pour les matériaux qui ne constituent pas des matériaux cibles des process mais qui entrent sous forme d'impuretés, leur comportement a été modélisé à partir de la compréhension des phénomènes en jeu dans ces process (cf. P.1.1.2)

* la dénomination des flux et des pertes renvoie à celle utilisée pour la Figure 14 et la Figure 15

TABLEAU 20 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF X CALCUL DU TAUX DE RECYCLAGE R2 DANS LES TRAVAUX ET PRISE EN COMPTE DES LACUNES D'EFFICACITE TOUT AU LONG DE LA CHAINE

Le tableau ci-dessus présente le positionnement des travaux au regard de chacune des causes qui sont susceptibles de dégrader l'efficacité de la chaîne de collecte/traitement vis-à-vis d'un objectif de valorisation matière.

T.2.3 RATIO DE QUALITE Q_{SOUT}/Q_P

[Position par rapport à la CFF 5] Ratio de qualité Q_{sout}/Q_p ► Le ratio de qualité Q_{sout}/Q_p qui compare la qualité du matériau recyclé en fin de vie et la qualité du matériau vierge auquel se substitue le matériau recyclé a systématiquement été déterminé sur la base de considérations physiques.

Le ratio Q_{sout}/Q_p représente le rapport entre la qualité du matériau recyclé (en fin de vie) et la qualité du matériau vierge qui est substitué par le matériau recyclé. Ce ratio représente le taux de substitution entre matériau recyclé et matériau vierge.

La CFF impose que le ratio Q_{sout}/Q_p soit déterminé au point de substitution avec des valeurs spécifiques par application ou par matériau (les valeurs de Q_{sout}/Q_p devant être déterminées dans le cadre des PEFCR). La CFF exige que le ratio Q_{sout}/Q_p soit déterminé :

- Prioritairement par des considérations économiques, par exemple par comparaison entre le prix de vente du matériau recyclé et le prix de vente du matériau vierge, ceux-ci étant considérés au point de substitution ;
- Possiblement par des considérations physiques, si l'approche économique semble moins pertinente que l'approche physique.

Dans le cadre des travaux, le ratio de qualité Q_{sout}/Q_p qui compare la qualité du matériau recyclé en fin de vie et la qualité du matériau vierge auquel se substitue le matériau recyclé a systématiquement été déterminé sur la base de considérations physiques : ce choix a été opéré volontairement car considéré comme étant le mode de raisonnement le plus pertinent, notamment en comparaison d'un raisonnement qui procéderait par comparaison des prix de vente entre matériau recyclé et vierge¹¹.

¹¹ Les limites posées par un raisonnement procédant par comparaison des prix de vente entre matériau vierge et recyclé ne sont pas développées dans le cadre de cette synthèse ; plusieurs points peuvent toutefois être rapidement listés : effet de la volatilité des prix, influence du prix du baril de pétrole sur cette appréciation, influence de la politique de certains grands pays relativement à la commercialisation de matériaux de base, possibilité d'accéder à l'information sur les prix de vente au regard des règles de concurrence, validité de ce mode de raisonnement par rapport aux exigences de l'ISO 14044 : 2006....

Ce ratio est égal à 1 pour tous les cas où le matériau recyclé se substitue à un matériau vierge de même nature ; il peut différer de 1 dans d'autres cas, cela ayant été explicité dans le cadre du rapport transversal sur les données d'arrière-plan.

T.2.4 POINT DE SUBSTITUTION

[Position par rapport à la CFF 6 | Point de substitution] ► Dans le cadre des travaux, le point de substitution est systématiquement déterminé en cohérence avec le point de calcul du taux de recyclage et celui du ratio de qualité Q_{sout}/Q_p ; ce point se situe en sortie du procédé de recyclage et correspond donc au point le plus en aval possible de la chaîne de valeur de gestion des déchets.

Le point de substitution représente le point de la chaîne de valeurs où il est possible de considérer que le matériau recyclé se substitue au matériau vierge.

La CFF insiste particulièrement sur le fait que ce point doit, dans son principe, être identifié en considérant qu'il correspond à l'endroit où un flux constitué de 100 % de matériau recyclé remplace un flux constitué de 100 % de matériau vierge. Cette ligne directrice de la CFF peut notamment être interprétée comme la volonté de proscrire les pratiques d'évaluation où le point de substitution était parfois considéré très en amont de la chaîne de valeurs de gestion des déchets, par exemple à l'issue de la collecte ou de la première phase de séparation alors que les flux contiennent encore d'importantes quantités de matériaux non séparés ou non ciblés par les procédés de recyclage.

Deux configurations sont toutefois envisagées par la CFF selon les possibilités d'accès aux données détaillées des procédés de recyclage :

- a) Accès aux données d'activité détaillées du procédé de recyclage : le point de substitution correspond au point où un flux constitué de 100 % de matériau recyclé remplace un flux constitué de 100 % de matériau vierge ;
- b) Accès limité ou absence d'accès aux données d'activité détaillées du procédé de recyclage : le point de substitution correspond au point de sortie du procédé de recyclage ; le calcul du différentiel peut alors être conduit en exploitant les profils E_v et E_{rec} correspondant à des mix entre matériaux recyclés et matériaux vierges.

Dans le cadre des travaux, le point de substitution est systématiquement déterminé en cohérence avec le point de calcul du taux de recyclage et celui du ratio de qualité Q_{sout}/Q_p ; ce point se situe en sortie du procédé de recyclage et correspond donc au point le plus en aval possible de la chaîne de valeur de gestion des déchets (ex : plastique recyclé en sortie de régénérateur, acier en sortie d'aciérie électrique, etc.).

T.2.5 CALCUL DES EMISSIONS SPECIFIQUES ET RESSOURCES CONSOMMEES PAR LE PROCEDURE DE RECYCLAGE $E_{\text{RECYCLINGEOL}}$ (DE VALORISATION ENERGETIQUE E_{ER} ET D'ELIMINATION E_{D})

[Position par rapport à la CFF 7 | Calcul des termes $E_{\text{recyclingEoL}}$, E_{ER} , E_{D}] ► Dans le cadre des travaux, les émissions spécifiques et les ressources consommées par les procédés de recyclage ($E_{\text{recyclingEoL}}$), de valorisation énergétique (E_{ER}) et d'élimination (E_{D}) ont été comptabilisées à toutes les étapes de traitement, de massification et de transport depuis les points de collecte jusqu'aux destinations finales qui sont atteintes par les matériaux.

La CFF précise que le terme $E_{\text{recyclingEoL}}$ qui représente les émissions spécifiques et les ressources consommées par le procédé de recyclage doit couvrir toutes les étapes depuis la phase de collecte jusqu'au point de substitution.

La CFF ne se prononce pas sur les opérations qui doivent être couvertes par les termes qui représentent :

- les émissions spécifiques et les ressources consommées par les procédés de valorisation énergétique E_{ER} ;
- les émissions spécifiques et les ressources consommées par les procédés d'élimination E_{D} .

Dans le cadre des travaux, les émissions spécifiques et les ressources consommées par les procédés de recyclage, de valorisation énergétique et d'élimination ont été comptabilisées à toutes les étapes de traitement, de massification et de transport depuis les points de collecte jusqu'aux destinations finales.

	Comptabilisation des émissions spécifiques et des ressources consommées		
	$E_{\text{recyclingEoL}}$	E_{ER}	E_{D}
Collecte/regroupement	Oui cf. § L	Oui cf. § L	Oui cf. § L
Traitement de rang 1	Oui cf. § M	Oui cf. § M	Oui cf. § M
Transport Op. de rang 1 – Op. de rang 2	Oui cf. § N	Oui cf. § N	Oui cf. § N
Massification ou traitement de rang 2	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O
Transport Op. de rang 2 – Op. de rang 3	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O
Traitement de rang 3	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O
Transport Op. de rang 3 – Op. de rang 4	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O	Oui, si existant cf. § O
Destination finale (= opérateur de rang 2, de rang 3 ou de rang 4)	Oui cf. § O.4	Oui cf. § O.4	Oui cf. § O.4

TABLEAU 21 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF X CALCUL DE $E_{\text{RECYCLINGEOL}}$, E_{ER} , E_{D} DANS LES TRAVAUX

T.3 DECLINAISON DES ICV AVEC ET SANS PRISE EN COMPTE DES BENEFICES APPORTES PAR LES EFFETS DE SUBSTITUTION

Comme expliqué précédemment (§ P.1.2), et afin de mieux répondre aux divers besoins des utilisateurs, les ICV construits dans le cadre des travaux sont déclinés selon deux modalités de comptabilisation des destinations finales :

- **Avec bénéfiques** : les impacts associés au comportement du matériau/composant dans les destinations finales qu'ils atteignent et les bénéfiques apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique sont comptabilisés ;
- **Sans bénéfiques** : seuls les impacts associés au comportement du matériau/composant dans les destinations finales qu'ils atteignent sont comptabilisés ; les bénéfiques apportés par les effets de substitution matière et/ou énergétique ne sont pas pris en compte.

Une lecture formelle de cette déclinaison est fournie dans le tableau ci-dessous à travers la formalisation de la CFF.

ICV avec bénéfiques

Composant non concerné par le périmètre des ICV

Matière (production) $(1 - R_1)E_v + R_1 \left(AE_{recycled} + (1 - A)E_v \times \frac{Q_{sin}}{Q_p} \right) +$	Matière (fin de vie) $(1 - A)R_2 \times \left(E_{recyclingEoL} - E_v^* \times \frac{Q_{sout}}{Q_p} \right)$
Energie $(1 - B)R_3 \times (E_{ER} - LHV \times X_{ER,heat} \times E_{SE,heat} - LHV \times X_{ER,elec} \times E_{SE,elec})$	
Elimination $(1 - R_2 - R_3) \times E_D$	

ICV sans bénéfiques

Composant non concerné par le périmètre des ICV

Matière (production) $(1 - R_1)E_v + R_1 \left(AE_{recycled} + (1 - A)E_v \times \frac{Q_{sin}}{Q_p} \right) +$	Matière (fin de vie) $(1 - A)R_2 \times (E_{recyclingEoL} - 0)$
Energie $(1 - B)R_3 \times (E_{ER} - 0)$	
Elimination $(1 - R_2 - R_3) \times E_D$	

TABEAU 22 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF & LECTURE CFF DES ICV AVEC ET SANS INTEGRATION DES BENEFICES

U. MISE EN ŒUVRE DE LA CFF POUR DES PRODUITS COMPLEXES – ENSEIGNEMENTS DES TRAVAUX

L'analyse du positionnement de ces travaux par rapport aux exigences et lignes directrices de la CFF montre qu'il est possible, moyennant quelques adaptations, de mettre en œuvre la CFF afin de modéliser la gestion en fin de vie de déchets de produits complexes tels que le sont les DEEE.

La mise en œuvre dans le cas des DEEE permet de formuler quelques observations qu'il nous semble utile de reporter dans ce document méthodologique. Ces observations portent principalement sur les limites du formalisme actuel de la CFF dans le cas de produits complexes.

U.1 DIVERSITE DES PROCÉDES DE RECYCLAGE, DIVERSITE DES PROCÉDES DE VALORISATION ÉNERGETIQUE ET DIVERSITE DES PROCÉDES D'ÉLIMINATION

[Position par rapport à la CFF 8 | Enseignements des travaux sur ICV DEEE] ► Sans remise en cause des diverses exigences posées dans le cadre de la CFF, la CFF ne doit pas fermer la possibilité de prendre en compte, pour la fin de vie d'un matériau donné : i/plusieurs procédés de recyclage ; ii/plusieurs procédés de valorisation énergétique ; iii/plusieurs procédés d'élimination.

Le formalisme actuel adopté dans la CFF s'applique bien à des matériaux pour lesquels on observe relativement à leur gestion en fin de vie :

- un **procédé unique de recyclage**, qui est gouverné par le taux R_2 et dont les bénéfices sont formalisés par $\left(E_{recyclingEoL} - E_v^* \times \frac{Q_{sout}}{Q_p}\right)$
- un **procédé unique de valorisation énergétique**, qui est gouverné par le taux R_3 et dont les bénéfices sont formalisés par $(E_{ER} - LHV \times X_{ER,heat} \times E_{SE,heat} - LHV \times X_{ER,elec} \times E_{SE,elec})$
- un **procédé unique d'élimination**, qui est gouverné par le solde de ce qui n'est pas recyclé ou valorisé du point de vue énergétique $(1 - R_2 - R_3)$ et dont les impacts sont formalisés par E_D

Les travaux conduits dans le cas de la gestion des DEEE dans le cadre de la filière ont montré que ce cas de figure, qui consiste dans une combinaison simple de trois procédés, ne correspond quasiment jamais à ce qui se passe dans la réalité.

Le tableau ci-dessous présente divers exemples, rencontrés dans les travaux relatifs aux DEEE, qui illustrent des cas de co-existence entre divers procédés de recyclage, de valorisation énergétique et d'élimination.

Illustrations	
Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ un plastique (PP par exemple) peut être recyclé en partie de manière à se substituer à la même résine vierge (PP) et en partie de manière à se substituer à d'autres matériaux (bois, béton..) dans des applications à moindre valeur ajoutée ▪ l'acier peut être recyclé en majeure partie en aciérie de manière à se substituer à de l'acier vierge mais peut également se retrouver en moindre proportion en affinerie de cuivre où il intégrera les crasses qui font l'objet d'une valorisation dans l'industrie de la construction ; il peut également être récupéré sur mâchefers en sortie d'incinérateur avant introduction ultérieure en aciérie ▪ le cuivre peut être recyclé en partie par passage en affinerie de cuivre mais également, pour des cuivres de très bonne pureté, par réutilisation directe en fonderie

Illustrations	
Valorisation énergétique	<ul style="list-style-type: none"> un matériau combustible (bois, plastique, ...) peut être valorisé pour partie sous forme de CSR en cimenterie en substitution à du coke/charbon et pour partie dans des incinérateurs avec valorisation énergétique ; en outre, les incinérateurs avec valorisation énergétique peuvent être localisés dans différents pays européens avec des performances différentes et avec un profil d'électricité substitué différent
Elimination	<ul style="list-style-type: none"> Compte tenu de la trajectoire suivie via les différentes fractions, nombre de matériaux se retrouvent éliminés à la fois dans des installations de stockage, potentiellement situées dans des zones géographiques différentes, et par destruction thermique, également potentiellement situées dans des zones géographiques différentes. De plus, une part des matériaux peut également se retrouver directement émise dans l'environnement (sous forme de particules ou de gaz notamment).

TABLEAU 23 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF X CAS D'ILLUSTRATION SUR LA CO-EXISTENCE DE DIFFERENTS PROCEDES DE RECYCLAGE, DE DIFFERENTS PROCEDES DE VALORISATION ENERGETIQUE ET DE DIFFERENTS PROCEDES D'ELIMINATION

En se basant sur le formalisme adopté dans la CFF, la possibilité de prendre en compte, pour la gestion en fin de vie d'un matériau donné, différents procédés de recyclage, différents procédés de valorisation énergétique et différents procédés de valorisation pourrait par exemple être notée de la manière suivante :

Composant non concerné par le périmètre des ICV

<p>Matière (production)</p> $(1 - R_1)E_v + R_1 \left(AE_{recycled} + (1 - A)E_v \times \frac{Q_{sin}}{Q_p} \right) +$	<p>Matière (fin de vie)</p> $\sum_{i=1}^m (1 - A)R_{2i} \times \left(E_{recyclingEoLi} - E_{vi}^* \times \frac{Q_{souti}}{Q_{pi}} \right)$
<p>Energie</p> $\sum_{j=1}^n (1 - B)R_{3j} \times (E_{ERj} - LHV \times X_{ER,heatj} \times E_{SE,heatj} - LHV \times X_{ER,elecj} \times E_{SE,elecj})$	
<p>Elimination</p> $(1 - \sum_{i=1}^m R_{2i} - \sum_{j=1}^n R_{3j}) \times (\sum_{k=1}^p D_k E_{Dk})$	

La notation des différents facteurs intervenant dans la formule est similaire à celle utilisée pour la CFF (cf. §§)

$i = 1 \text{ à } m$ La formule laisse la possibilité de combiner m procédés de recyclage différents

$j = 1 \text{ à } n$ La formule laisse la possibilité de combiner n procédés de valorisation énergétique différents

$k = 1 \text{ à } p$ La formule laisse la possibilité de combiner p procédés d'élimination différents

U.2 ARBORESCENCE DE DIFFERENTS OPERATEURS DE TRAITEMENT/SEPARATION ET TRANSPORTS INTERMEDIAIRES

[Position par rapport à la CFF 9] Enseignements des travaux sur ICV DEEE ► La gestion en fin de vie de produits complexes repose, non pas sur un niveau unique de traitement/séparation, mais sur une arborescence de différents opérateurs de traitement/séparation et de transports intermédiaires ; les exigences de la CFF doivent être déclinées à l'échelle de cette arborescence.

Dans le cadre de la CFF, la question du processus de traitement/séparation des déchets entre la phase de collecte et l'entrée des matériaux dans les destinations finales (recyclage, valorisation énergétique, élimination) n'est pas formellement explicitée. Toutefois, le schéma simplifié proposé par le JRC concernant la collecte pour recyclage, qui permet d'encadrer le calcul du taux de recyclage R_2 , laisse

penser que le traitement/séparation consiste dans une étape qui se déroule à un niveau d'unique d'opérateurs (cf. Figure 14).

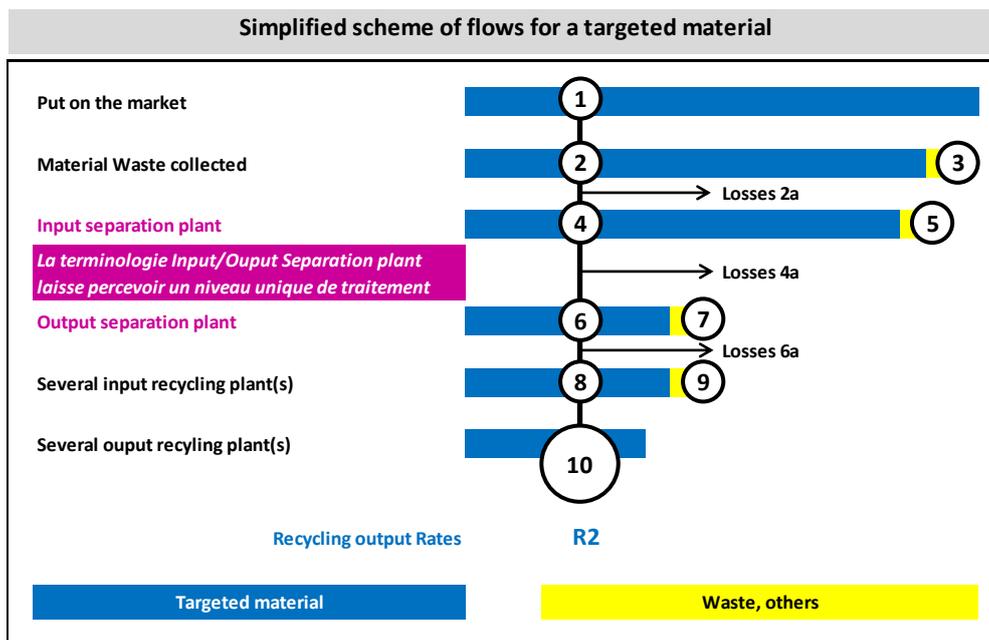


FIGURE 16 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF ✕ REPRESENTATION SIMPLIFIEE DE LA COLLECTE POUR RECYCLAGE D'UN MATERIAU (JRC)
✕ CONSIDERATION D'UN UNIQUE NIVEAU DE TRAITEMENT/SEPARATION

L'organisation qui est illustrée sur ce schéma s'applique bien à des déchets relativement simples tels que les emballages : après collecte, les emballages sont généralement séparés par matériaux dans des centres de tri ; les différents flux de matériaux produits à l'issue de ce tri sont ensuite orientés vers les opérateurs de recyclage.

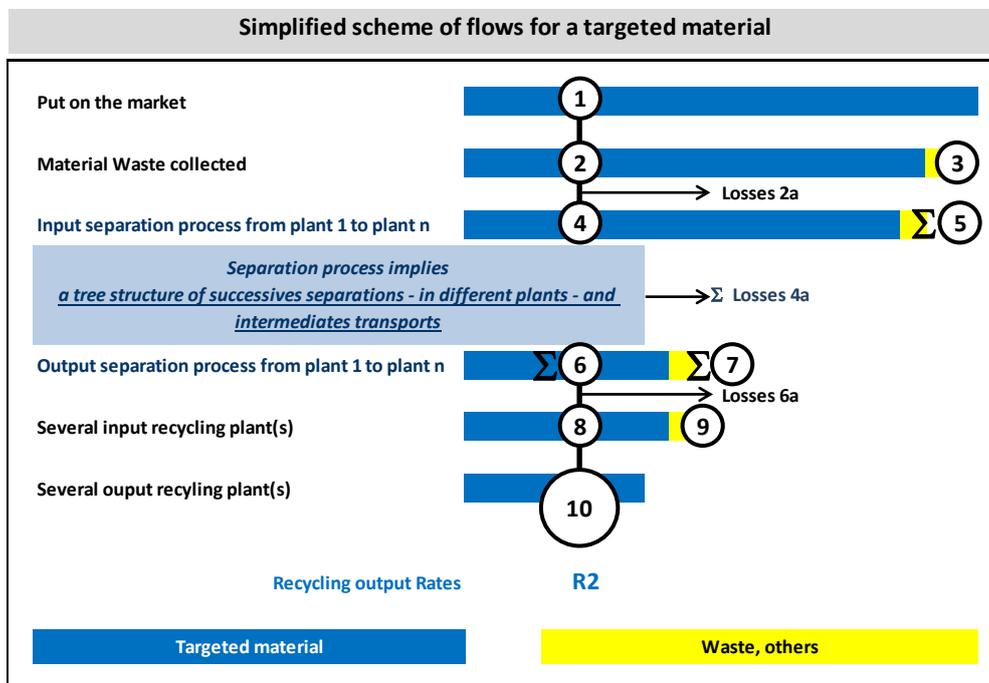


FIGURE 17 – POSITION PAR RAPPORT A LA CFF ✕ REPRESENTATION SIMPLIFIEE DE LA COLLECTE POUR RECYCLAGE D'UN MATERIAU (JRC)
✕ CONSIDERATION D'UNE ARBORESCENCE DE TRAITEMENT/SEPARATION SUCCESSIFS POUR LES DECHETS COMPLEXES

Dans le cas de déchets complexes tels que les DEEE, il a au contraire été constaté que l'organisation de leur gestion en fin de vie dans le cadre de la filière repose sur une arborescence de différents

opérateurs de traitement/séparation avec des opérations de transport intermédiaire pour acheminer les fractions d'un niveau d'opérateurs vers le niveau d'opérateurs suivants.

La distinction entre le recours à un niveau unique de séparation/traitement, applicable au cas de déchets simples, et le recours à une arborescence de différents opérateurs de séparation/traitement avec des opérations de transport intermédiaire nous semble devoir être soulignée ; elle implique notamment que :

- le calcul du terme (ErecyclingEoL) – cela s'applique également aux termes (E_{ER}) et (E_D) – qui comptabilise les émissions spécifiques et les consommations de ressources entre les points de collecte et la sortie du procédé de recyclage doit intégrer les émissions spécifiques et les consommation des ressources de l'arborescence des différents opérateurs de séparation/traitement et des opérations de transport intermédiaires ; le travail à conduire pour procéder à une telle évaluation est nécessairement plus lourd et plus délicat que dans le cas d'un niveau unique de séparation/traitement.
- les pertes (pertes 4a) et orientation d'une partie des matériaux vers une fraction déchets (flux 5 et 7) qui sont pointés au niveau d'un unique opérateur de traitement/séparation dans le cas du schéma établi par le JRC (cf. Figure 16) doivent être déclinées et prises en compte à chacun des niveaux de l'arborescence (cf. Figure 17) ; comme pour le point précédent, le travail à conduire pour procéder à une telle évaluation est nécessairement plus lourd et plus délicat que dans le cas d'un niveau unique de séparation/traitement.

LIMITES DES TRAVAUX

L'étude de la gestion en fin de vie des différentes catégories de DEEE étudiées dans le cadre de la filière DEEE a rapidement montré que cette gestion ne repose pas sur un niveau unique de traitement/séparation suivi par une orientation des fractions vers des destinations finales. La complexité des déchets d'équipements électriques et électroniques implique nécessairement une arborescence complexe de différents niveaux d'opérateurs de traitement et d'opérations de transport intermédiaires jusqu'aux destinations finales.

Pour chacun des couples matériau/flux de DEEE qui font l'objet d'une production d'ICV, cette arborescence a été appréhendée dans sa complexité de manière :

- à comptabiliser les émissions spécifiques et les consommations de ressources pour l'ensemble des opérations de traitement et de transport qui sont impliquées dans la trajectoire du matériau depuis sa collecte au sein de la catégorie de DEEE à laquelle il appartient jusqu'aux destinations finales ;
- à établir la nature des différentes destinations finales dont celles correspondant aux pertes à chacune des étapes, ainsi que la répartition entre ces destinations, que le matériau étudié intègre à l'issue des multiples trajectoires suivies au sein de cette arborescence.

Le taux de couverture des données d'activité spécifiques prises en compte est par ailleurs très élevé pour les premières étapes : logistique amont, traitement par les opérateurs de rang 1, transport entre les opérateurs de rang 1 et les opérateurs de rang 2. Les opérateurs de traitement de rang 1 pris en compte permettent par ailleurs de couvrir la diversité des technologies de traitement de chacun des flux de DEEE au niveau français, ce qui est par ailleurs considéré comme également représentatif des pratiques à l'échelle européenne lorsqu'elles s'inscrivent dans le cadre des exigences d'une gestion dans le cadre de la filière.

La modélisation des impacts et bénéfices environnementaux engendrés par les matériaux dans les différentes destinations finales qu'ils intègrent a en outre été conduite de manière aussi spécifique que possible – compte tenu de l'état des connaissances qui ont pu être réunies dans le cadre des travaux – en essayant de caractériser le comportement effectif des matériaux dans chacune de ces destinations finales. Au-delà du caractère nécessairement perfectible du travail de modélisation qui a été conduit sur ces aspects, il est important de retenir que celui-ci vise prioritairement à :

- Éviter toute forme de surestimation des quantités valorisées et des bénéfices qui pourraient être associés aux opérations de valorisation ;
- Ne pas négliger a priori les impacts environnementaux qui sont engendrés par la proportion de matériau qui intègre, sous forme d'impuretés, des destinations finales non ciblées.

Sur cette base, et de manière générale, les données produites à l'issue de ces travaux sont considérées comme étant de très bonne qualité à la fois dans la version avec prise en compte des bénéfices et dans la version sans prise en compte des bénéfices.

Certaines limites méritent toutefois d'être portées à l'attention de l'utilisateur de ces données.

▪ **Rappel des exclusions**

[Limites des travaux 1 | Exclusions] ► Les aspects qui ont été exclus du champ de l'étude doivent être pris en compte par les utilisateurs afin de vérifier si ceux-ci constituent ou non une limite quant à l'exploitation qu'ils envisagent de faire des données

La définition du champ de l'étude a conduit à un certain nombre d'exclusions qui peuvent constituer des limites selon l'exploitation des données qui est envisagée par un utilisateur. Ces exclusions sont rappelées :

- la fin de vie des EEE hors de la filière a été exclue du champ des travaux ;
- les flux de DEEE, les matériaux et les composants qui ne sont plus actuellement mis sur le marché ont été exclus du champ des travaux ;
- le transport qui est réalisé entre le site d'utilisation des équipements électriques et électroniques et les points de collecte mis en place par la filière n'a pas été comptabilisé ;
- les infrastructures n'ont pas été comptabilisées.

▪ **ICV de fin de vie non réalisables pour certains matériaux des DEEE professionnels**

[Limites des travaux 2 | ICV non réalisables pour certains matériaux] ► Les aspects qui ont été exclus du champ de l'étude doivent être pris en compte par les utilisateurs afin de vérifier si ceux-ci constituent ou non une limite quant à l'exploitation qu'ils envisagent de faire des données

De manière générale, pour chaque flux de DEEE, la liste des matériaux/composants étudiés a été sélectionnée dans l'objectif de couvrir au moins 95 % (en masse) de la composition moyenne du flux ainsi que les matériaux/composants dont la proportion massique dans les équipements peut être très secondaire mais qui présentent des enjeux environnementaux particuliers (ex : or de cartes électroniques, mercure des lampes...).

Toutefois, pour les matériaux suivants, et bien qu'ils puissent contribuer de manière notable à la composition de certains appareils, des limitations dans les données disponibles et des incertitudes fortes quant au devenir de ces matériaux ont conduit à ne pas proposer d'ICV de fin de vie pour :

- **L'inox non ferreux** pouvant être utilisé dans les moteurs industriels ainsi que les DEEE professionnels froid (ex : applications agroalimentaires, marchés spécifiques pour plateformes pétrolières et navales) ;
- **Les matériaux constitutifs de l'ampoule** des tubes à rayons X utilisés dans certaines applications médicales ;
- **Les matériaux constitutifs de batteries acide-plomb** pouvant être présentes dans les onduleurs industriels.

▪ **Points d'attention au regard des impacts**

Les limites et points d'attention relatifs aux données publiées qui sont les plus importants méritent d'être formulés à travers une grille de lecture par type d'impacts.

Catégories d'impact	Appréciation générale
Climate change	Compte tenu de la représentativité géographique, de la représentativité technologique, de la représentativité temporelle, des aspects de méthode, de la complétude et de la précision de l'ensemble des données exploitées, la qualité des données produites au regard de la quantification de ces catégories d'impact est, sauf
Ozone depletion	
Acidification	
Photochemical ozone formation	

Mineral, fossil & renewable resource depletion	exception de quelques couples matériau/flux de DEEE, considérée comme bonne à très bonne.
Water resource depletion	L'utilisateur pourra se reporter directement à la documentation accompagnant les données publiées pour bénéficier d'une évaluation précise à l'échelle de chaque donnée diffusée.
Terrestrial eutrophication	
Marine eutrophication	
Freswater eutrophication	
Particulate matter	Cf. Limite 1 ► une analyse de sensibilité est impérative
Human, toxicity, cancer effects	Cf. Limite 2 ► par précaution, une incertitude notable à très forte doit être considérée selon les données
Human, toxicity, non-cancer effects	
Freswater ecotoxicity	
Land Use	Cf. Limite 3 ► les données produites et diffusées ne permettent pas la quantification de cet impact
Ionizing radiation HH	Cf. Limite 4 ► les flux élémentaires participant à ces impacts sont exclusivement pilotés par les données d'arrière-plan prises en compte
Ionizing radiation E	

TABLEAU 24 – QUALITE GENERALE DES DONNEES PRODUITES ET DIFFUSEES AU REGARD DES DIFFERENTES CATEGORIES D'IMPACT

[Limites des travaux 3 | Impacts] ► Les données produites et diffusées présentent des limites dans leur capacité à rendre compte des impacts relatifs aux émissions de particules, à la toxicité, à l'écotoxicité, à l'utilisation d'espace et aux radiations ionisantes. Les utilisateurs devront tenir compte de ces limites dans l'exploitation des données et l'interprétation qui en est faite

Limite 1 au regard des émissions de particules

Des émissions de particules ont été prises en compte au niveau de toutes les activités de premier plan qui participent à l'arborescence de gestion des DEEE dans le cadre de la filière. Toutefois, les données exploitées ne permettaient pas de différencier les particules selon leur granulométrie alors même que celle-ci a potentiellement une incidence importante sur cette catégorie d'impact.

Concernant cette catégorie d'impact, les données diffusées peuvent être exploitées en effectuant des analyses de sensibilité relativement aux différentes granulométries de particules.

Limite 2 au regard des impacts toxiques et écotoxiques

La limite soulignée ici n'est pas spécifique à ces travaux mais présente une portée plus générale quant à la possibilité de rendre compte de manière fiable des impacts toxiques et écotoxiques dans le cadre des Analyses du Cycle de Vie.

Concernant la quantification des impacts toxiques et écotoxiques potentiels associés aux émissions des métaux, celle-ci se heurte en premier lieu aux difficultés de quantification des flux élémentaires susceptibles d'intervenir dans ces impacts :

- La spéciation chimique sous laquelle se trouve un élément dans le système anthropique étudié est souvent mal connue alors même que cette spéciation peut être déterminante au regard des émissions de cet élément vers l'environnement : à titre d'exemple, la stabilité et la capacité à être lixivié ou la capacité à être évaporé entre le Hg⁰ élémentaire et le mercure du cinabre HgS n'ont aucune commune mesure (HgS offrant une forme stable).

- Le contexte bio-physico-chimique dans lequel se trouve un élément dans le système anthropique étudié est souvent mal connu alors même que ce contexte peut être déterminant au regard des émissions de cet élément vers l'environnement. De multiples réactions de synergie ou d'antagonisme peuvent notamment intervenir en faveur ou en défaveur de certains phénomènes : l'injection de brome dans un système d'épuration humide de fumées va favoriser le captage du mercure (et donc réduire son émission vers l'atmosphère) ; le contexte acido-basique, qui évolue notamment au cours des différentes phases de la vie d'une décharge, a une incidence importante sur la capacité des métaux à être lixiviés ou non. De même, le mode de présentation de la matrice dans lequel se trouve un élément donné peut s'avérer déterminant : dans le cas d'émissions vers l'environnement associées à un phénomène de lixiviation, le temps et la surface de contact entre le solide et l'eau sont des paramètres clefs ; dans cette perspective, le mode de présentation physique – granulométrie et porosité – du solide dans lequel s'insère un élément donné joue un rôle très important au regard des émissions.
- La spéciation chimique d'un élément lors de son émission ou la substance qui est précisément émise sont souvent mal connues alors même que ces aspects sont déterminants quant à l'appréciation du caractère toxique/écotoxique de cet élément ou de cette substance. A titre d'exemple, le caractère toxique du H₂S, du SO₂ ou de mercaptans soufrés n'ont rien de comparables alors même qu'il est difficile de prédire la forme sous laquelle les composés soufrés présents dans un centre de stockage peuvent être émis dans le biogaz ; de même, le caractère toxique/écotoxique du mercure Hg⁰ est moins important que celui de certains composés organiques du mercure (méthylmercure et éthylmercure par exemple) ; autre exemple enfin avec les dioxines qui peuvent elles aussi présenter un caractère toxique/écotoxique très différent selon la dioxine alors que les données qui sont la plupart du temps disponibles ne permettent pas de différencier entre les molécules précisément en jeu.

Toutes choses étant égales par ailleurs, les impacts toxiques/écotoxiques, pour les métaux ainsi que pour d'autres substances également, qui sont associés à un flux élémentaire donné peuvent ensuite être notablement modifiés en fonction :

- de la façon dont l'émission de ce flux se réalise du point de vue spatial,
- de la façon dont cette émission de ce flux se réalise du point de vue temporel (cinétique d'émission),
- de différents facteurs susceptibles de jouer sur sa dispersion (température, rose de vents, pluviométrie...) et/ou la formation de sous-produits de dégradation, ceux-ci pouvant être plus ou moins toxiques que la molécule d'origine.

Dans le cadre particulier de ces travaux, des efforts importants ont été fournis afin de couvrir au mieux les émissions de divers polluants susceptibles d'être générés au niveau des différentes opérations qui interviennent dans la gestion des DEEE et plus particulièrement au niveau des destinations finales qui mettent en jeu des phénomènes de combustion et/ou de stockage.

Toutefois, au-delà des limites générales quant à la possibilité de rendre compte de manière fiable des impacts toxiques et écotoxiques potentiels dans le cadre des Analyses du Cycle de Vie, et qui s'appliquent pleinement dans le cadre de la production de ces données de fin de vie, les travaux de quantification des émissions de polluants au niveau de destinations finales présentent selon notre appréciation les limites plus particulières suivantes :

- **Emissions de polluants organiques complexes d'origine anthropique en ISDND** : des émissions atmosphériques et dans les lixiviats, de polluants organiques (BTEX notamment) ont été prises en compte dans le cas du stockage de matériaux considérés comme biodégradables. En revanche, les émissions de polluants organiques complexes susceptibles d'être générées par les molécules organiques qui peuvent être associées aux matériaux étudiés parce qu'initialement présentes sous forme d'additifs, de colles, de peintures... n'ont pas pu être

quantifiées dans le cadre de ces travaux. La nature et la quantité des différentes molécules organiques qui sont en association avec les différents matériaux entrant dans la composition des déchets d'équipement électriques et électroniques ne sont pas connues, la gamme de ces molécules pouvant d'ailleurs être potentiellement très étendue ; de plus, même si ces caractéristiques étaient connues, la modélisation effective de leur comportement en centre de stockage, notamment de leur comportement à la lixiviation, est un exercice potentiellement délicat.

- **Emissions de RFB en ISDND** : une partie des résines plastiques contenant des RFB qui ont été étudiées peut se retrouver en centre de stockage de déchets non dangereux. La lixiviation potentielle des RFB, et notamment des RFB-POP, est un sujet où il existe une littérature scientifique d'ores et déjà fournie. Les études qui abordent ce sujet et qui ont été consultées semblent s'accorder sur le fait qu'une partie des RFB introduits dans les centres de stockage seraient lixiviés ; toutefois, au-delà de ce constat général, il n'a pas été possible de dégager de cette littérature une tendance générale relativement à un exercice de quantification. L'émission potentielle de RFB qui est générée par le stockage en centre de déchets non dangereux de plastiques contenant des RFB n'a pas été quantifiée : la documentation associée aux données diffusées met en exergue cette limite pour les couples matériaux/DEEE concernés.
- **Spéciation des émissions de métaux** : les flux élémentaires qui quantifient les émissions de métaux, en centre de stockage ou dans d'autres destinations finales, ont toujours été exprimés avec le métal élémentaire. Ceci constitue une simplification de la réalité dans la mesure où les métaux peuvent être émis vers l'environnement sous d'autres spéciations, minérales ou organiques, plus ou moins toxiques que la forme élémentaire.
- **Cas particulier des émissions de Hg** : du mercure, sous forme traces à hauteur de quelques ppm, peut encore être présent sur certaines fractions issues du traitement de certaines catégories de DEEE (T&L et dans une moindre mesure Ecrans Plats). Dans la mesure où la durée et les conditions de stockage intermédiaire entre la production de ces fractions et leur entrée dans les destinations finales (stockage, aciérie, incinération...) n'est pas connue, il a été fait l'hypothèse majorante que l'intégralité de ces traces de mercure était émis à l'atmosphère.

Limite 3 au regard de l'utilisation de l'espace

Les infrastructures et plus généralement les problématiques d'occupation de l'espace ont été exclues des travaux. Les données construites et diffusées ne sont pas adaptées en vue d'une quantification de l'utilisation de l'espace.

Limite 4 au regard des radiations ionisantes

Les activités de premier plan qui participent à l'arborescence de gestion des DEEE dans le cadre de la filière ne sont pas concernées par les problématiques de radiations ionisantes. Aucune donnée d'activité de premier plan n'a donc été prise en considération dans ce sens.

Les flux élémentaires participants aux radiations ionisantes qui apparaissent dans les données produites et diffusées proviennent exclusivement des données d'arrière-plan qui ont été exploitées dans la modélisation.

REVUE CRITIQUE

Final Review Report *of the Project*

*“End-of-life management LCI of constituent
materials of electrical and electronic
equipment within the framework of the French
WEEE take-back scheme – Methodological
summary – V2.0 June 2018”*

*ISO 14040 & ISO 14044
ISO/TS 14071
ILCD entry level*

SOL 16-028.2

12th June 2018

for

ESR

1 Introduction

ESR (commissioner) and Bleu Safran (practitioner) have prepared a report “End-of-life management LCI of constituent materials of electrical and electronic equipment within the framework of the French WEEE take-back scheme – Methodological summary – V2.0” dated June 2018, updating the previous report titled “End-of-life management LCI of constituent materials of electrical and electronic equipment within the framework of the French WEEE take-back scheme – Methodological summary – V0.1” dated January 2017.

This report represents the CR report and is the public deliverable of a wider LCI project, which has taken place in two phases:

- a first phase from 2015 to January 2017, covering 7 types of household and professional electrical and electronic equipment;
- a second phase, from 2017 to June 2018, covering 8 types of professional electrical and electronic equipment.

The goal of this wider project was to generate the LCI of materials coming out from the end of life of Electric and Electronic Equipment when following the approved waste treatment path. In total, 258 LCI have been generated for household equipment and 684 LCI for professional equipment.

This report states that ISO 14040:2006 and ISO 14044:2006 requirements have been applied. In that scope, ESR have requested a Critical Review (CR in the rest of the document) panel to make a critical review of the report.

Note: the CR panel has been involved all along the wider project, and has reviewed all deliverables, including the data gathering process and the related documentation, the LCI calculation process and the upstream databases used, the way the database which allows to calculate the LCI is built and the LCI themselves. One internal report has been generated for each

The present report is the “Final CR report”, prepared by the CR panel under the direction of Philippe Osset (Solinnen). This CR report is dedicated to be integrated as a whole within the final report of ESR and Bleu Safran. Additionally, it can be communicated separately.

2 Composition of the panel: reviewers names and institutions

The CR panel consisted of the following “external” experts, independent from the overall study content and external to Eco-systèmes, Récylum and Bleu Safran and the related business interests:

- Philippe Osset, Solinnen, dipl. eng. ECP ; Philippe has acted as the chair of the Critical Review panel,
- Ueli Kasser, Büro für Umweltchemie, lic. phil.nat./dipl. chem. Universität Bern, especially in charge of the final LCI review.
- Delphine Bauchot, Solinnen, dipl. eng. EMSE (first phase only),
- Guillaume Andard, Solinnen, PhD MINES ParisTech – PSL Research University (second phase only),

The following “internal” experts joined the CR panel during the first phase. They were independent from the overall study content, and are, as employees of ESR, experienced and familiar with the issue:

- Alice Bizouard, Eco-systèmes, WEEE treatment expert,
- Fabienne Van Assche, Récylum, recycling manager.

The following “internal” experts joined the CR panel during the second phase:

- Alice Bizouard, ESR, WEEE treatment expert,
- Laure Morice, ESR, WEEE treatment expert,
- Romain Lesage, ESR, WEEE expert.

The intention of the panel set up was to make available competencies which cover the studied topic, including those brought by the internal experts. The reviewers were not engaged or contracted to represent officially their organization, but acted as independent expert reviewer.

Note: the wider study is not a comparative LCA. The CR review has been set up in order to prepare the communication to the public of a third party LCA report, and to answer the requirements of the ILCD entry level.

3 Nature of the CR work, CR process and limitations

The CR panel has worked according to the requirements of ISO 14040:2006 and 14044:2006 concerning CR. They have taken into account ISO/TS 14071 requirements too.

According to ISO 14044, the critical review process has worked in order to check if:

- the methods used to carry out the LCA are consistent with ISO 14044 requirements,
- the methods used to carry out the LCA are scientifically and technically valid,
- the data used are appropriate and reasonable in relation to the goal of the study,
- the interpretations (LCI here) reflect the limitations identified and the goal of the study,
- the study report is transparent and consistent.

The first task of the CR was to provide ESR with detailed comments in order to allow ESR and Bleu Safran to improve their work. These comments have covered methodology choice, results and reporting. The panel has checked the plausibility of the data used, including sample tests in the database. Additionally, the present final critical review report provides the future reader of the ESR and Bleu Safran reports and LCI data user with information that will help understanding the report and the LCI data.

The Critical Review report was prepared at the end of the production of the French version of the final project report. The English version of the report has not been reviewed by the CR panel. A plausibility check of the software model was performed.

The first phase of the CR work on the report started in November 2016 and ended up in January 2017: The CR set of 177 comments regarding the report covered general, methodological, technical and editorial aspects.

The second phase of the CR work on the report started in September 2017 and ended up in June 2018: During this period, the CR panel reviewed the methodology application to new electrical and electronic equipment categories from the professional area (154 comments), and reviewed the additions to the methodological report (10 new comments) and a report with LCI background information.

During these two periods, different oral and written exchanges have been held between the CR panel and Bleu Safran, including clarification exchanges regarding the CR comments, and the production of one set of detailed comments by the CR panel, and one new version of the report by ESR and Bleu Safran. The LCI calculations have been done based on the final version of the report.

Previous exchanges, during the wider project, have already covered some key methodology points. According to that process, the review may be considered as having been done “all along the project”. The synthesis which is covered by the present CR statement is the result of these on-going exchanges between the CR panel and the practitioners.

ESR and Bleu Safran have taken into account most of the comments and modified and improved their report.

An efficient work has been done by ESR and Bleu Safran to provide a final report integrating answers to all the CR points, and the final result has improved as compared to the first one, towards the requirement of the reference standards.

The present final CR report is the synthesis of the final comments by the reviewers. The remaining detailed comments are provided within this final CR report, together with the full detailed exchanges as appendices.

The present CR report is delivered by the CR panel to ESR. The CR panel cannot be held responsible of the use of its work by any third party. The conclusions of the CR panel cover the full report from ESR and no other report, extract or publication which may eventually be done. The CR panel conclusions are based on the current state of the art and the information which has been received.

4 Conclusions of the review – Critical Review Statement – Review Details

As a whole, the panel considers that the requirements of the reference standards have been applied.

The final report and database reflect the goal which has been set up, within the scope of the limitations that are mentioned in the report, and the detailed panel comments which are provided in the next chapter.

5 Detailed comments

The following lines bring some highlights that a reader of the final LCA report may use to assist his reading and understanding of the report. They recap some critical comments which were not addressed (in fact none!), or which were addressed in a way which is different from what the CR panel expected. The comments which have been addressed no longer appear in the following lines. The reading of the detailed comments and answers (see the table in appendices of Chapter 6) is recommended to get all comments (except editorial ones which were removed).

5.1 Consistency of methods used with ISO 14044 requirements

The methods used are in line with ISO 14044 requirements. The final structure of the report reflects the ISO standard requirements. The methods that have been selected for calculations are clearly presented.

As a reminder for readers, and as written in the report, the current study was not a comparative assertion, even if the resulting LCI data sets are foreseen to be made available to third parties in order to assist them with Eco-design... which will lead them to make comparisons based on the resulting LCI. Therefore, additional ISO 14044 CR work shall be done when communicating on comparisons based on LCA studies, even if these studies use the LCI which have been calculated and reviewed in the scope of the present work!

5.2 Scientific and technical validity

The scientific and technical validity of the report and the overall study, including the underlying science used to calculate the LCI, is high. The models of the end of life routes are highly detailed, and allow being specific to each waste flow.

The way of modelling the end of life routes reflects the complexity of these routes. Then, few cut-off rules have been applied at that stage. The CR panel underlines that this first study is a good basis to simplify further studies in that field, which would allow to save time for data gathering and modelling.

ESR have provided initial data regarding the operators (e.g logistics data, material flows analysis through regular batches assessments and sampling programs, as well as downstream traceability). These data were completed with data and information collection which were based on interviews and questionnaires of a large panel of operators involved. Although plausibility checks have been made by the practitioner, the commissioners and the CR panel, the CR panel highlights that data from operators are not always reliable, as in most LCA, due to the fact that:

- Sometimes, the assessment of data quality, collected by operators is difficult; the tests to collect data are challenging, needs a lot of experience and time to stop the daily routine. Additionally, the methods to take representative waste samples and to analyze them are neither approved nor standardized,
- Sometimes, data collection methods applied by the data providers are not at the state of the art, and simply deficient.

However, it has to be stated that it is about a pioneer project in field of end of life treatment. Never before such a detailed modelling and data collection, representing a major part of the recycling technology of e-waste in France and the relevant chains abroad, was carried out.

5.3 Appropriateness of data used in relation to the goal of the study

According to the substantial amount of information which has been communicated to the CR panel, and reviewed, the data used are appropriated to the goal of the study.

Sometimes, the representativeness of selected operators can be discussed due to the fact that some waste management technologies are emerging and show differences among the operators. This information is clearly stated, when relevant, in the confidential individual reports which have been redacted and reviewed for each waste flow.

There is some discrepancy in the data quality between household and professional EoL inventories. The amount of EoL material collected is less important compared to the household sector. The take back scheme has only few experience and the treatment technologies are not much developed. There is a lot of manual treatment with first treatment operators and second and third treatment operators often are not known or do not provide data. Therefore the lack of information about treatment of professional appliances was compensated with plausible assumptions and analogies to the household sector.

The CR panel have to underline that the data collected represent the technology and the composition of appliances of 2014/15 for the LCI developed in the first phase, and 2016/17 for LCI developed in the second phase. If End-of-Life (EoL) Life Cycle Inventories (LCI) are applied to new appliances in order to evaluate their end of life performance, the user shall be aware of this limitation. The composition of the different waste flows, and the way how different materials are compounded in new appliances, may change in the future. Additionally, in the period between putting new appliances on the market and end-of-life, separation technology can change marginally, or significantly, and may not be represented by the current end-of-life route. It is an inherent challenge of this kind of project! It is not possible to anticipate future technologies and product design, taking into account that regulations promote improvements in the treatment of waste. This is why a significant number of material based EoL LCI have been produced within waste flows (instead of providing EEE based EoL LCI), which limits this bias at a second order of variability.

5.4 Validity of the calculated LCI in the scope of the limitations of the study

The validity of the calculated LCI is high regarding the expected use of these LCI.

The user of the LCI should be careful about which LCI he selects, since two main methodology choices were selected for the LCI calculations. The selection should be made to avoid double counting all along the Life Cycle of the product he is designing, and shall also be consistent (between materials) to ensure fair interpretations.

It is an inherent necessity that LCI modelling has to be limited. The main limitations of the present project are:

- Some fugitive emissions, such as emissions from incidents and accidents, contamination of infrastructure and the surface (incl. soil) of the operation and storage site have not been considered, although it is a well-known problem of mechanical e-waste treatment and separation. It may be a workplace exposure problem as well as an environmental issue. Fugitive emissions are not quantifiable, but probably influence EoL LCI only to a small extent. It is a general limitations in LCI projects.
- Specific emissions from the landfill disposal site for some materials are not considered. In particular, polymers and its additives are considered as inert materials in the landfill while the emissions from incineration are included in the LCI. Due to this deficiency, interpretations of results based on toxicological or eco-toxicological indicators should be done with care. It is a general limitation in LCI projects, due to the lack of research on long-term emissions from landfill disposal sites. It is an important deficiency of the LCA practice, especially in EoL inventories.
- The infrastructure of operators is neglected. No specific data were available and default values would only enhance all the LCI in a small amount without any benefit. Differentiation between the LCI would become smaller at the end. This limitation is not important in the scope of EoL inventories.

5.5 Transparency and consistency

The overall level of transparency and consistency of the report is high and in line with the ISO 14044:2006 expectations. The CR panel has had access to all information in a very transparent manner.

So far, ESR has decided not to communicate to the public the individual reports which have been redacted and reviewed for each waste flow. The CR panel considers that a public access to these reports would be highly welcomed to enable future readers to understand better the sources which have been used and compiled during the project. It is a limitation to the transparency of the overall study. Whatsoever, this limitation is the result of an appropriated confidential information management, quite common during LCA studies.

6 Quality assessment tables

The following tables describe the CR work that has been done in terms of review actions, and an evaluation of the level of quality which is reached by the LCI which were produced.

Method of evaluation	Validation of data sources	Sample tests on calculations	Energy balance	Element balance	Cross-check with other source	Cross-check with other data set	Expert judgement	Mass balance	Compliance with legal limits	Compliance with ISO 14040 to 14044	Documentation	Evidence collection by means of plant visits and/or interviews
Raw data	YES	Not relevant	Not relevant	Not relevant	No other source	Not relevant	YES	Not relevant	Internal	YES	YES	Internal
Unit process(es) single operation	YES	Internal	Internal	Internal	Not relevant	Very few other sources	YES	Internal	Internal	YES	YES	Internal
Unit process(es) block box	No unit process under the form of block boxes has been submitted for review, just single operation											
Life cycle inventory methods	Not relevant						YES	Not relevant	YES	Not relevant	Not relevant	Not relevant
LCI results or partly truncated system	Not relevant	YES	YES	YES	No other source	No other source	YES	YES	Not relevant	YES	YES	Not relevant
LCA results calculation	Not relevant						YES	Not relevant	YES	YES	Not relevant	Not relevant
LCA results	Not relevant						YES	Not relevant	YES	YES	Not relevant	Not relevant
Documentation	Not relevant						YES	Not relevant	YES	YES	Not relevant	Not relevant

Table 1: Detailed Review Actions

Method of evaluation	Validation of data sources	Sample tests on calculations	Energy balance	Element balance	Cross-check with other source	Cross-check with other data set	Expert judgement	Mass balance	Compliance with legal limits	Compliance with ISO 14040 to 14044	Documentation	Evidence collection by means of plant visits and/or interviews
Raw data	X						X		X	X	X	X
Unit process(es) single operation	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Unit process(es) block box												
Life cycle inventory methods							X			X		
LCI results or partly truncated system		X	X	X			X	X		X	X	
LCA results calculation							X			X	X	
LCA results							X			X		
Documentation							X			X		

Table 2: Simplified Table Gathering Review Actions

Critical Review Panel

for ESR

		Technological representativeness	Time representativeness	Geographical representativeness	Completeness	Precision	Methodological appropriateness and consistency	Overall quality
Phase 1	SHA	Very good	Very good	Good	Good	Very good	Very good	Very good
	LHA cold	Very good	Very good	Good	Good	Very good	Very good	Very good
	LHA non-cold	Good	Very good	Good	Good	Very good	Very good	Very good
	Flat screens	Good	Fair	Good	Good	Very good	Very good	Good
	Tubes & Lamps	Very good	Very good	Good	Good	Very good	Very good	Very good
	Self-contained emergency lighting	Good	Good	Good	Good	Very good	Very good	Good
	SPA Build & Med & Ind & Research	Fair	Good	Good	Good	Very good	Very good	Good
Phase 2	UPA Build & Med & Ind & Research	Fair	Very good	Good	Good	Good	Very good	Good
	Professional Lighting Equipment	Fair	Good	Good	Good	Very good	Very good	Good
	Professional Inverters	Fair	Good	Good	Fair	Very good	Very good	Good
	Electrical Motors for industrial applications	Fair	Good	Fair	Good	Good	Very good	Good
	Water Fountain (tank and network)	Good	Good	Good	Good	Fair	Very good	Good
	Professional cold cabinet (with compressor)	Very good	Good	Good	Good	Good	Very good	Good
	Roof-top Air-conditioners	Good	Good	Good	Good	Fair	Very good	Good
	Heat Pumps & Air-conditioners (fluid filler <2kg)	Good	Good	Fair	Good	Fair	Very good	Good

Table 3: Data Quality Assessment

7 Appendices

The detailed critical review tables exchanged during the work are the appendices of the present CR report. They recap the detailed exchanges between the CR panel, ESR and Bleu Safran.

BIBLIOGRAPHIE

-
- [1] ISO 14040 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre. 2006.
-
- [2] ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices. 2006.
-
- [3] JRC. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Data Network. Compliance rules and entry-level requirements. Version 1.1. 2012. 22 p.
-
- [4] Association PEP. PCR - Règles de définition des Catégories de Produits du programme PEP ecopassport - Profils Environnementaux de Produits Electriques, Electroniques et du Génie Climatique. PCR-ed3-FR-2015 04 02. 2015. 61 p.
-
- [5] Product environmental footprint guide to the commission. Recommendation on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Draft. 145 p.
-
- [6] Zampori L., Pant R. et al. Circular Footprint Formula. Document provisoire transmis au Technical Advisory Board (TAB) du 16&17 novembre 2016. 19 p.
-
- [7] EN 50574-1 : Exigences de collecte, logistique et traitement pour la fin de vie des appareils domestiques contenant des fluorocarbures volatils ou des hydrocarbures volatils. 2012
-
- [8] Huisman, J., Botezatu, I., Herreras, L., Liddane, M., Hintsa, J., Luda di Cor temiglia, V., Leroy, P., Vermeersch, E., Mohanty, S., van den Brink, S., Ghenciu, B., Dimitrova, D., Nash, E., Shryane, T., Wieting, M., Kehoe, J., Baldé, C.P., Magalini, F., Zanasi, A., Ruini, F., and Bonzio, A., Countering WEEE Illegal Trade (CWIT) Summary Report, Market Assessment, Legal Analysis, Crime Analysis and Recommendations Roadmap, August 30, 2015, Lyon, France
-
- [9] Deloitte Développement Durable, Alice DEPROUW, Marion JOVER, Sarah CHOUVENC. ADEME, Erwann FANGEAT. Octobre 2017. Rapport Annuel du registre des déchets d'équipements électriques et électroniques. 132 pages
-
- [10] Ademe - Bilan Carbone : guide des facteurs d'émissions - Chapitre 4 - Prise en compte des transports. 2010, Version 6.1, 97 p
-

CONTRIBUTEURS



ESR

34-40 rue Henri Regnault – 92068 Paris La Défense Cedex

Contacts :

Pierre-Marie ASSIMON : pmassimon@es-r.fr

Edouard Carteron : ecarteron@es-r.fr

Laurène Cuénot : lcuenot@es-r.fr



Bleu Safran

41 rue Gambetta 71 000 Mâcon

Contacts :

c.hugrel@bleu-safran.fr

m.palluau@bleu-safran.fr

