

ICV de production de plastiques recyclés (PP, PS, ABS) issus des plastiques de DEEE gérés en France et régénérés en Europe

Rapport méthodologique

Version finale post-revue critique pour diffusion externe

V1.2 – Novembre 2020

Version originale rédigée en français



TABLE DES MATIERES

TABLEAUX	6
FIGURES	7
OBJECTIFS DES TRAVAUX	8
<hr/>	
A. ASPECTS GENERAUX	8
<hr/>	
A.1 Commanditaire	8
A.2 Détenteurs de données	9
A.3 Réalisateur	9
A.4 Révue critique	9
B. OBJECTIFS DES TRAVAUX	9
<hr/>	
B.1 Origine de ces travaux	9
B.2 Objectifs des travaux	10
B.3 Référentiels normatifs	11
B.4 Contexte décisionnel et applications envisagées	11
B.5 Public concerné	11
B.6 Livrables externes diffusés publiquement	11
B.7 Date d'édition du rapport méthodologique	12
CHAMP DE L'ETUDE	13
<hr/>	
C. PRESENTATION DES PLASTIQUES RECYCLES ETUDIES ET DES FLUX DE DEEE A L'ORIGINE DES PLASTIQUES RECYCLES	13
<hr/>	
C.1 Plastiques recyclés étudiés	13
C.1.1 Plastiques recyclés issus de DEEE retenus pour ces travaux	13
C.1.2 Quelques caractéristiques des plastiques recyclés étudiés	14
C.1.3 Plastiques recyclés issus de DEEE non retenus	15
C.2 Flux de DEEE ménagers à l'origine de plastiques orientés vers le recyclage	16
D. UNITE DE REFERENCE	17

E. FRONTIERES DU SYSTEME : PRESENTATION DES ETAPES DE LA CHAINE DU RECYCLAGE	17
E.1 Etapes de la chaine du recyclage situées en amont de l'envoi en régénération.....	18
E.2 Etapes mises en œuvre par les régénérateurs de plastiques	20
E.3 Exclusions	22
F. CRITERES DE COUPURE	23
G. ANALYSE DE SENSIBILITE POUR L’AFFINAGE DES FRONTIERES DU SYSTEME	24
H. EXIGENCES RELATIVES A LA QUALITE DES DONNEES	24
INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE	26
I. ELEMENTS TRANSVERSAUX	26
I.1 Traitement des enjeux de multifonctionnalité et d'affectation	26
I.2 Source des données d'inventaire d'arrière-plan	29
I.3 Production d'électricité	29
J. ETAPES AMONT A L’ETAPE DE REGENERATION	30
J.1 Rappel quant aux travaux préexistants	30
J.2 Sources et représentativité des données de premier plan.....	31
J.3 Etapes amont à la régénération : clés de pondération utilisées pour établir les inventaires moyens « plastiques recyclés »	33
K. ETAPES CONDUITES CHEZ LES REGENERATEURS DE PLASTIQUES	34
K.1 Sources et représentativité des travaux	35
K.1.1 Présentation de l'échantillon des régénérateurs sollicités pour la collecte de données d'activité	35
K.1.2 Extrapolations complémentaires mises en œuvre pour répondre aux objectifs des travaux	37
K.1.3 Représentativité finale et articulation des sources de données	38
K.2 Données d'activité recueillies auprès des régénérateurs.....	39

K.2.1	Recueil et validation des données d'activité	39
K.2.2	Intrants énergétiques et matériels, émissions spécifiques	40
K.3	Hypothèses additionnelles et inventaires d'arrière-plan	43
K.3.1	Intrants énergétiques des étapes de régénération	43
K.3.2	Intrants matériels des étapes de régénération	43
K.3.3	Traitement des déchets	45
K.3.4	Emissions vers l'air	45
K.4	Ratios massiques considérés pour le branchement des blocs d'étapes successifs de la chaîne du recyclage	46
K.5	Evaluation de la qualité des données et adéquation aux exigences	47
LIMITES DES TRAVAUX		54
<hr/>		
L.	PRINCIPALES LIMITES	54
M.	POINTS D'ATTENTION AU REGARD DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX EVALUES EN ACV	55
N.	PRECAUTIONS D'UTILISATION DE CES ICV	56
<hr/>		
RESULTATS D'IMPACTS – DONNEES INDICATIVES		57
<hr/>		
O.	RESULTATS SYNTHETIQUES POUR LES METHODES DE CARACTERISATION RECOMMANDEES PAR LA METHODE EUROPEENNE PEF	57
<hr/>		
REVUE CRITIQUE		58
<hr/>		

Précision

Ce rapport constitue la version « pour diffusion externe » du rapport méthodologique rédigé et soumis à revue critique.

Les informations confidentielles – non présentées dans cette version – sont matérialisées par un encart de couleur [encart] dans le présent document. Il convient de préciser que ces informations confidentielles ont été mises à disposition, et donc analysées, par la revue critique.

GLOSSAIRE

ACV	Analyse du cycle de vie
Affectation	Imputation des flux entrants ou flux sortants d'un processus ou d'un système de produits entre le système de produits étudié et un ou plusieurs autres systèmes de produits.
CRT	Cathode Ray Tube (technologie d'écrans)
CSR	Combustible solide de récupération
DEEE	Déchets d'équipement électrique et électronique
DOM -COM	Département d'Outre-Mer, Collectivités d'Outre-Mer
GEMF	Gros électroménager froid
GEMHF	Gros électroménager hors froid
GES	Gaz à effet de serre
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
LCDN	Life Cycle Data Network
Mélange maître couleur	Dispersion, à concentration élevée, de pigments ou de colorants dans une substance macromoléculaire compatible avec la matière plastique à colorer (masterbatch en anglais)
PAM	Petits appareils en mélange
PEF	Product Environmental Footprint
SBS	Styrène-butadiène-styrène
STEP	Station d'épuration
UIOM	Usine d'incinération d'ordures ménagères
UIDD	Usine d'incinération de déchets dangereux

TABLEAUX

Tableau 1 – principaux plastiques présents dans les DEEE arrivant en fin de vie (source : travaux ecosystem).....	13
Tableau 2 – Caractéristiques clés des plastiques recyclés étudiés	15
Tableau 3 – Etapes conduites par les régénérateurs : mise en œuvre des règles d’affectation et flux sortants concernes	29
Tableau 4 – Production de l’électricité : inventaires de production utilisés et ordre de grandeur de l’impact GES	30
Tableau 5 – Taux de couverture massique de la logistique amont et des opérateurs de rang 1 pris en compte par rapport au tonnage géré par ecosystem pour l’année considérée	31
Tableau 6 – Fractions obtenues en sortie de rang 1 et contenant des plastiques à orienter en régénération	32
Tableau 7 – Localisation géographique des opérateurs de rang 2	32
Tableau 8 – Echantillon de régénérateurs : aperçu de la provenance sectorielle des déchets entrant en régénération	35
Tableau 9 – Echantillon de régénérateurs : technologies mises en œuvre et type de recyclés commercialisés	36
Tableau 10 – Régénération : Données collectées relatives aux intrants et sortants	41
Tableau 11 – Régénération : Présentation du type de données manquantes et des approximations réalisées	43
Tableau 12 – Régénération - Intrants énergétiques : inventaires d’arrière-plan utilisés	43
Tableau 13 – Régénération : Hypothèses complémentaires quant à la composition possible de certains intrants matériels	44
Tableau 14 – Régénération - Intrants matériels : inventaires d’arrière-plan utilisés	44
Tableau 15 – Régénération - Déchets et rejets : inventaires d’arrière-plan utilisés.....	45
Tableau 16 – Régénération - émissions vers l’air : hypothèses pour le choix des flux émis.....	46
Tableau 17 – Evaluation de la qualité – Clés de pondération pour établir des ICV moyens	48
Tableau 18 – Evaluation de la qualité – Etapes amont à la régénération par flux de DEEE ménagers.....	49
Tableau 19 – Evaluation de la qualité – Bloc 1 de la régénération	50
Tableau 20 – Evaluation de la qualité – Bloc 2 de la régénération (sur-tri des broyés)	51
Tableau 21 – Evaluation de la qualité – Bloc 3 de la régénération (formulation – extrusion – granulation)	52
Tableau 22 – Régénération - profil de production électrique : contribution du profil électrique moyen Europe (extrapolations).....	54
Tableau 23 – Qualité générale des ICV produits au regard de différentes catégories d’impact	56

FIGURES

Figure 1 – Périmètre d’action d’écosystem dans la chaine du recyclage des plastiques.....	8
Figure 2 – Densité des principaux polymères utilisés dans les secteurs de l’emballage, des EEE et de l’automobile. (source : etude SCORE-LCA, Recyclage des plastiques et ACV, 2020)	14
Figure 3 – Evolution des tonnages annuels collectés par flux de DEEE ménagers (Source : ecosystem, rapport annuel 2019)	16
Figure 4 – Etapes amont à l’entrée en régénération pour les différents flux de DEEE ménagers	19
Figure 5 – Succession des étapes mises en œuvre chez les régénérateurs	21
Figure 6 – Multifonctionnalité des étapes de gestion de la chaine du recyclage : illustration	26
Figure 7 – Multifonctionnalité chez les régénérateurs : illustration	27
Figure 8 – Etapes amont : contribution des flux de DEEE ménagers à considérer pour établir le profils moyen des plastiques étudiés.....	34
Figure 9 –Taux de couverture global de l’échantillon de régénérateurs pour les trois plastiques recyclés étudiés et contribution par régénérateur	36
Figure 10 – Représentativité des inventaires : contribution des données de l’échantillon et des données extrapolées.....	39
Figure 11 – Branchement des blocs successifs de process : ratios massiques considérés	47

OBJECTIFS DES TRAVAUX

A. ASPECTS GENERAUX

A.1 COMMANDITAIRE

ecosystem est un éco-organisme à but non-lucratif, agréé par les pouvoirs publics pour organiser les activités de collecte et de recyclage des DEEE ménagers et professionnels, des lampes et des 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, **ecosystem** s'implique aux côtés de ses adhérents afin de les inciter et de les accompagner vers des démarches d'éco-conception.

Le périmètre d'action d'**ecosystem** dans la chaîne du recyclage des plastiques peut ainsi être schématisé comme suit :

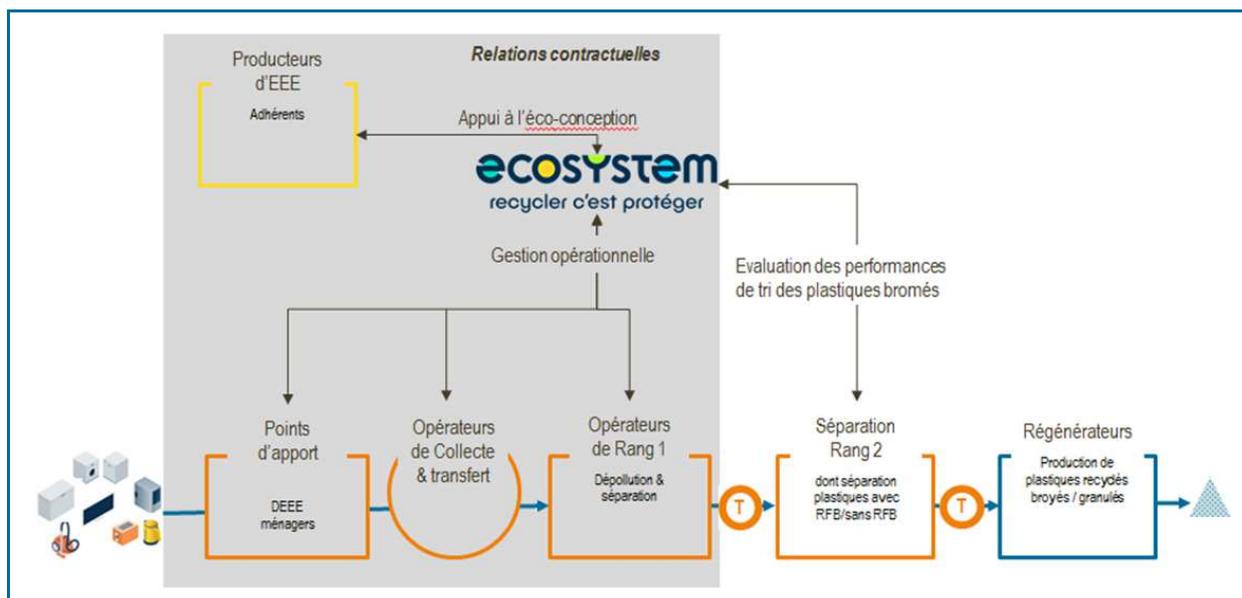


FIGURE 1 – PERIMETRE D'ACTION D'ECOSYSTEM DANS LA CHAÎNE DU RECYCLAGE DES PLASTIQUES

Ainsi, des relations contractuelles existent entre **ecosystem** et les acteurs suivants : producteurs d'équipements (adhérents), points de collecte des DEEE, opérateurs logistiques assurant la collecte et la massification des flux, opérateurs de rang 1 assurant les premières étapes de dépollution des équipements et de séparation de leurs matériaux constitutifs. Dans le cas des plastiques, et concernant les opérations de rang 2, **ecosystem** procède à des campagnes d'évaluation des performances de tri des plastiques bromés et non bromés sans qu'il existe nécessairement des relations contractuelles (ces relations toutefois peuvent exister lors ces opérations de rang 2 sont réalisées par des opérateurs de rang 1).

En revanche, il n'existe pas de relations contractuelles entre **ecosystem** et les opérateurs situés plus en aval dans la chaîne du recyclage, notamment les régénérateurs. En effet, les fractions plastiques

recyclables obtenues suite aux opérations de rang 1, puis de rang 2, appartiennent aux opérateurs (et non à **ecosystem**), ceux-ci étant libres de les revendre aux repreneurs de leur choix.

En 2019, **ecosystem** a collecté près de 650 000 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.2 DETENTEURS DE DONNEES

Pour la conduite de ces travaux, différents détenteurs de données ont été sollicités et ont ainsi participé à établir des données d'activité représentatives.

Ainsi, au-delà des données mises à disposition par **ecosystem**, ces travaux s'appuient sur des données recueillies auprès d'opérateurs de rang 1 (Figure 1) et auprès de régénérateurs de plastiques situés en Europe.

A.3 REALISATEUR

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.

Entre 2014 et 2018, Bleu safran avait d'ores et déjà accompagné **ecosystem** dans la construction d'une base de données de référence destinée à évaluer l'impact environnemental des équipements électriques et électroniques en fin de vie. Plusieurs dizaines de matériaux avaient été modélisés et déclinés selon les différents flux traités en France, dont les principaux plastiques présents dans les différents flux de DEEE ménagers (PP, PS, ABS, ABS-PC, etc.) en différenciant les plastiques non chargés, les plastiques bromés et les plastiques chargés mais non bromés.

A.4 REVUE CRITIQUE

Ces travaux ont été soumis à un comité de revue critique¹ constitué de deux experts en ACV et en recyclage de plastiques post-consommateurs :

- Carole Charbuillet, Enseignante-Chercheure en éco-conception et recyclage, économie circulaire des produits plastiques. Arts et Métiers ParisTech,
- Bertrand Laratte, Enseignant-Chercheur et expert ACV, Arts et Métiers ParisTech.

B. OBJECTIFS DES TRAVAUX

B.1 ORIGINE DE CES TRAVAUX

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'actions conduites par **ecosystem** afin d'encourager l'éco-conception et l'économie circulaire.

Ainsi, **ecosystem** travaille avec ses adhérents à développer des projets d'intégration de matières recyclées, en particulier pour les plastiques de DEEE pouvant être recyclés en boucle fermée par exemple. Un des arguments tient aux bénéfices environnementaux potentiels de l'usage du plastique recyclé en substitution à du plastique vierge.

ecosystem a ainsi engagé une étude autour des différents bénéfices potentiels résultant de l'utilisation de plastiques recyclés dans l'optique d'encourager des projets d'intégration de plastiques recyclés.

¹ L'avis de revue critique est joint au présent rapport, voir dernière section.

Travaux préexistants :

Avant la conduite de ces travaux, nous avons pris connaissance de manière approfondie d'un certain nombre d'études portant sur le recyclage des plastiques, qu'elles s'appliquent ou non à des déchets issus de DEEE².

Cette analyse préalable a été conduite par Bleu Safran pour l'association SCORELCA dans le cadre d'une étude dédiée à la prise en compte du recyclage des plastiques en ACV (étude "SCORE LCA, Recyclage des plastiques et ACV, 2020, n°2019-02"). Ces travaux, achevés fin 2020, seront consultables depuis le site internet de l'association SCORELCA (<https://www.scorelca.org/scorelca/etudes-acv.php>).

Ainsi, le constat a été fait de l'absence de données adaptées à la prise en compte de la circularité des plastiques issus d'équipements électriques et électroniques. En effet, bien que des études aient été conduites par d'autres acteurs pour établir des inventaires de plastiques recyclés, soit ces études ne permettent pas de disposer de données portant spécifiquement sur les plastiques issus de DEEE, soit elles ne couvrent pas certains plastiques pertinents pour les EEE (ABS recyclé par exemple).

En revanche, en ce qui concerne les étapes de collecte et de traitement des équipements préalables aux opérations conduites par les régénérateurs de plastiques, des données sont d'ores et déjà disponibles grâce aux travaux qui ont été conduits par **ecosystem** sur la fin de vie des matériaux constitutifs des équipements électriques et électroniques.

Ces travaux, dont la dernière version a été publiée en 2019, sont accessibles sur le node d'**ecosystem**³. Ces inventaires ont fait l'objet d'une revue critique⁴ par un comité d'experts ACV et d'experts techniques.

Ainsi, la construction d'inventaires de cycle de vie ciblant les principaux plastiques recyclés issus de DEEE constitue un préalable à l'étude conduite par **ecosystem** sur les différents bénéfices potentiels résultant de l'utilisation de plastiques recyclés.

B.2 OBJECTIFS DES TRAVAUX

Les présents travaux visent prioritairement à établir des **inventaires de cycles de vie de production de plastiques recyclés prêts à l'emploi** pour la fabrication de nouveaux équipements électriques et électroniques. Ainsi, ces travaux concernent des plastiques recyclés sous la forme de granulés⁵ obtenus par extrusion / granulation.

² Etudes préexistantes dont nous avons pris connaissance sur le recyclage des plastiques et ACV :

- Eco-profils établis par le SRP, Syndicat national des régénérateurs de matières plastiques (France)
- Franklin Associates. Life cycle impacts for postconsumer recycled resins: PET, HDPE, and PP. Submitted to The Association of Plastic Recyclers. December 2018. 49 p.
- Haupt M., Kāgi T., Hellweg S. Life cycle inventories of waste management processes. Data in Brief. Volume 19, August 2018, Pages 1441-1457.
- Patrick A. Wäger, Roland Hischer, Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant, Science of The Total Environment, Volume 529, 2015, Pages 158-167.

³ <http://weee-lci.ecosystem.eco/Node/>

⁴ Rapport de revue critique téléchargeable via le lien :

http://weee-lci.ecosystem.eco/Node/showSource.xhtml?uuid=a8213f5f-bbed-47ae-a875-90f9a593765f&stock=ecosystem_WEEE_LCI

⁵ L'utilisation directe de plastiques recyclés sous forme de broyats (sans étapes d'extrusions granulation) est a priori peu répandue pour les applications envisageables dans le secteur des équipements électriques et électroniques.

En termes de représentativité géographique, ces travaux ciblent des plastiques recyclés issus de DEEE ménagers collectés et gérés dans le cadre de la filière organisée par **ecosystem** en France et pour lesquels la régénération des plastiques est réalisée en Europe.

Pour cette première édition, le choix d'**ecosystem** s'est porté sur les polymères suivants – polystyrène (PS), polypropylène (PP) et acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS) – qui sont les polymères principaux recyclés à partir de DEEE – pour lesquels il était possible de recueillir des données de terrain auprès d'un nombre suffisant de régénérateurs pour garantir la confidentialité des données.

B.3 REFERENTIELS NORMATIFS

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.

B.4 CONTEXTE DECISIONNEL ET APPLICATIONS ENVISAGEES

Les inventaires établis visent à représenter, selon une démarche descriptive, le profil environnemental de production de certains plastiques recyclés. Ces inventaires seront construits selon une démarche d'ACV attributionnelle.

Ils sont **prioritairement destinés à être utilisés dans le cadre de démarches d'éco-conception des producteurs d'équipements électriques et électroniques**. L'élaboration d'empreintes environnementales « produit » constitue un second domaine d'application susceptible d'intéresser les metteurs sur le marché.

Ainsi, ces inventaires seront mis à disposition des adhérents producteurs d'**ecosystem**, et plus largement de la communauté des praticiens ACV. Cette mise à disposition pourra se faire via le node d'**ecosystem** accessible via le Life Cycle Data Network (Commission européenne).

De plus, ces inventaires pourront être utilisés par **ecosystem** pour étudier les bénéfices environnementaux potentiels du plastique recyclé. Il est à noter que ces travaux (ex : présentation des résultats d'impact environnementaux, analyse comparative plastiques recyclés / plastiques vierges) ne font pas partie des travaux décrits dans le présent rapport.

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.

B.5 PUBLIC CONCERNE

Les travaux visent prioritairement à répondre aux besoins des praticiens ACV des adhérents d'**ecosystem** : elles doivent leur permettre de modéliser l'intégration de plastiques recyclés issus de DEEE collectés en France et pour lesquels la régénération est réalisée en Europe.

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.

B.6 LIVRABLES EXTERNES DIFFUSES PUBLIQUEMENT

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

- **Les inventaires** : afin de respecter les obligations de confidentialité relatives aux données recueillies auprès des divers contributeurs (opérateurs de traitement de rang 1, régénérateurs de plastiques), les inventaires sont mis à disposition au format System (flux élémentaires) et au format ILCD « xml ».

- **Le rapport méthodologique** : ce document expose de manière synthétique les points clefs du travail d'élaboration des ICV. Il s'agit du présent document.

B.7 DATE D'EDITION DU RAPPORT METHODOLOGIQUE

Ce présent document correspond à la version pour diffusion externe (sans mention des données confidentielles) du rapport méthodologique final soumis à revue critique correspondant à la version V1.2 en date du 18 novembre 2020.

CHAMP DE L'ETUDE

C. PRESENTATION DES PLASTIQUES RECYCLES ETUDIES ET DES FLUX DE DEEE A L'ORIGINE DES PLASTIQUES RECYCLES

C.1 PLASTIQUES RECYCLES ETUDIES

C.1.1 PLASTIQUES RECYCLES ISSUS DE DEEE RETENUS POUR CES TRAVAUX

Les équipements électriques et électroniques sont par nature des équipements complexes constitués de multiples matériaux, parmi lesquels différents plastiques.

Plastiques présents dans les principaux flux de DEEE ménagers gérés à l'heure actuelle		
Flux de gestion	Proportion moyenne indicative de plastiques (tous types de plastiques)	Principaux polymères (chargés ou non) – hors mousses PUR
GEM Froid	Env. 15% (hors mousses PUR)	PS, ABS, PP
GEM hors froid	Env. 10-15%	PP, ABS, PA, élastomères
PAM	Env. 30%	ABS, PP, PS, ABS-PC, PA, POM + nombreux autres plastiques minoritaires
Ecrans plats	Env. 30%	ABS-PC, PMMA, ABS, PET, PC, PS
Ecrans CRT	Env. 15%	PS, ABS, ABS-PC

TABLEAU 1 – PRINCIPAUX PLASTIQUES PRESENTS DANS LES DEEE ARRIVANT EN FIN DE VIE (SOURCE : TRAVAUX ECOSYSTEM⁶)

Lors de leur fin de vie, ces équipements vont subir différentes étapes permettant de séparer et trier leurs matériaux constitutifs. Tout au long de cette chaîne, allant de la collecte des équipements à la régénération des plastiques, la gestion des contraintes réglementaires ainsi que les arbitrages techniques et économiques réalisés par les opérateurs de tri et les régénérateurs de plastiques vont conduire à orienter vers le recyclage une partie seulement des plastiques présents à l'origine dans les produits arrivés en fin de vie.

Concernant la filière des DEEE, les régénérateurs ciblent⁷ *in fine* des plastiques non chargés ou peu chargés ayant des densités situées entre 0,9 et 1,08-1,1 et se centrent donc sur les « cibles » suivantes :

- les polyoléfinés non chargés ou peu chargés, et plus particulièrement le **polypropylène** dans le cas des DEEE
- les styréniques non chargés ou peu chargés : le **polystyrène** et l'**ABS**.

En effet, le recours fréquent à des techniques de séparation densimétrique chez les opérateurs de tri (séparation des plastiques avec et sans RFB) et chez les régénérateurs conduit à cibler préférentiellement certains plastiques.

⁶ Programme Bilan Matière Equipements, mené annuellement, permettant l'analyse de la composition matières des DEEE en entrée d'opérateurs de traitement de rang 1.

⁷ Selon notre compréhension, le ciblage ainsi réalisé par les régénérateurs résulte très certainement de différents critères d'arbitrages et possiblement des tonnages accessibles par type de plastique, des coûts de revient en jeu pour produire les différents plastiques recyclés, du niveau de maîtrise technologique, des marchés applicatifs accessibles / visés par les régénérateurs.

Afin de mettre en évidence les enjeux liés à l'utilisation des techniques de tri densimétrique, la figure ci-dessous présente de manière synthétique les valeurs de densité des principaux polymères couramment rencontrés dans les déchets contenant des plastiques, dont les DEEE.

Ainsi, les densités des polymères non expansés se situent communément dans une plage allant de 0,9 à 1,4, les polyoléfines ayant des densités inférieures à 1. On note également que l'adjonction d'additifs est susceptible de modifier sensiblement la densité. Par exemple, un polypropylène intégrant 20% de talc aura une densité de l'ordre de 1,05 contre 0,9 environ pour un polypropylène non chargé.

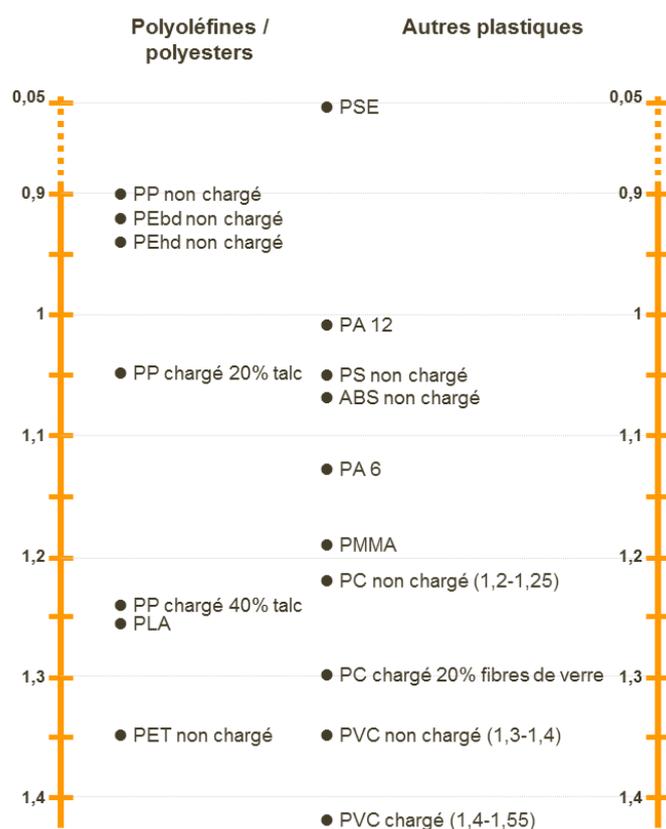


FIGURE 2 – DENSITE DES PRINCIPAUX POLYMERES UTILISES DANS LES SECTEURS DE L'EMBALLAGE, DES EEE ET DE L'AUTOMOBILE. (SOURCE : ETUDE SCORE-LCA, RECYCLAGE DES PLASTIQUES ET ACV, 2020)

Ainsi, les présents travaux ont été conduits de façon à établir un **inventaire moyen de production de plastique recyclé pour chacun de ces trois plastiques issus de DEEE : PP, PS et ABS**

C.1.2 QUELQUES CARACTERISTIQUES DES PLASTIQUES RECYCLES ETUDIES

L'objectif étant de proposer des inventaires pour des plastiques prêts à être utilisés par les fabricants d'équipements électriques et électroniques, les travaux se sont donc centrés sur la production de **granulés de plastiques recyclés** obtenus après extrusion/granulation.

Selon les régénérateurs sollicités, les différentes étapes de séparation et de sur-tri mises en œuvre permettent d'atteindre un taux de pureté élevé des granulés produits, les matières autres que le polymère cible (ex : autre polymère de densité proche) représentant quelques pourcents.

En fonction des déchets à l'origine des plastiques et des marchés des régénérateurs, ceux-ci peuvent décider de mettre en place un tri par couleur de certains plastiques cibles. Dans le cas des plastiques

recyclés issus de DEEE, cela peut être le cas pour le PS issu du flux GEM Froid qui est majoritairement blanc.

Dans le cadre de cette étude, il a été retenu d'établir un profil commun, sans distinction de coloris, pour chacun des plastiques. Ce choix a notamment été motivé par la nécessité de disposer d'un nombre suffisant de régénérateurs pour chacun des inventaires (soit un nombre minimum de trois), ce qui n'aurait pas été possible en distinguant les coloris de PS recyclés produits.

Les besoins énergétiques d'un tri optique par couleur étant secondaire en comparaison des besoins énergétiques des autres étapes prises en compte (étapes amont à la régénération, étapes de production des broyés, extrusion-granulation), nous considérons que le choix d'un inventaire moyen, sans distinction de coloris dans le cas du PS, est adapté aux objectifs des travaux.

Présentation synthétique des plastiques recyclés étudiés			
	PP	PS	ABS
Plastique de DEEE cible	PP non ou peu chargé	PS non ou peu chargé	ABS non ou peu chargé
Format physique du recyclé	Granulés, prêts à l'emploi chez les fabricants d'équipement type EEE		
Coloris du recyclé	Tous coloris, pas de distinction par couleur si des coloris différents existent		
Niveau de pureté du recyclé	Taux élevé (> 95% de polymère cible) Selon données transmises par les régénérateurs		
Types d'additifs pris en compte	Mélange maître	Mélange maître Modificateur d'impact	Mélange maître

TABLEAU 2 – CARACTERISTIQUES CLES DES PLASTIQUES RECYCLES ETUDIES

Concernant les niveaux de pureté, les réponses déclaratives des régénérateurs sollicités dans le cadre de la collecte de données font état de valeurs allant de 95% à 98%. Il a donc été retenu une valeur de 95% pour définir cette caractéristique.

Dans le cas du PS, le profil établi devant atteindre des exigences techniques minimales, il a été considéré que les granulés PS intègrent un modificateur d'impact, un taux « standardisé » de 2% ayant été retenu.

C.1.3 PLASTIQUES RECYCLES ISSUS DE DEEE NON RETENUS

Certains régénérateurs sont susceptibles de produire d'autres plastiques recyclés à partir de fractions riches en plastiques issues du traitement des DEEE.

Il s'agit notamment du recyclage de certains PP-talc présents dans les DEEE (densité généralement <1,1) et de l'ABS-PC qui serait recyclé par certains régénérateurs disposant de techniques avancées.

Selon les informations dont nous disposons, ces plastiques recyclés représentent des tonnages moindres que ceux produits relatifs au PP, PS ou à l'ABS.

Ces plastiques n'ont pas été étudiés dans le cadre de ce projet dans la mesure où le nombre de régénérateurs sollicités produisant ce type de plastiques recyclés n'était pas suffisant pour permettre une gestion appropriée de la confidentialité et des enjeux de représentativité.

De la même façon, certains types de plastiques (ex : PMMA, PET) extraits lors du démantèlement manuel des écrans plats et orientés vers le recyclage n'ont pas été étudiés (ex : filtres souples, plaques rigides transparentes), ces plastiques n'étant pas « cœur de cible » pour le projet.

C.2 FLUX DE DEEE MENAGERS A L'ORIGINE DE PLASTIQUES ORIENTES VERS LE RECYCLAGE

Les présents travaux concernent des plastiques recyclés issus des DEEE ménagers suivants : GEM Froid, PAM, GEM Hors froid, écrans plats et écrans CRT.

A date, les principaux flux de DEEE collectés via l'organisation mise en place par **ecosystem** relèvent des DEEE dits « ménagers »⁸ qui ont représentés près de 600 000 tonnes collectées par **ecosystem** en 2019.

Sur le terrain, la collecte et le traitement sont organisés par flux de gestion de façon à permettre que chacun des flux de DEEE soit collecté et dépollué par le biais de procédés spécifiquement adaptés en fonction des polluants qu'il contient, des caractéristiques des équipements ou encore des obligations réglementaires.

Une gestion dédiée est ainsi mise en place pour les flux de gestion suivants :

- Gros équipements ménagers froid (GEM F)
- Gros équipements ménagers hors froid (GEM HF)
- Petits Appareils en Mélange (PAM)
- Ecrans CRT
- Ecrans plats

La figure ci-dessous présente l'évolution de la collecte annuelle, en milliers de tonnes, pour les flux de DEEE ménagers sur la période 2015-2019.



FIGURE 3 – EVOLUTION DES TONNAGES ANNUELS COLLECTES PAR FLUX DE DEEE MENAGERS (SOURCE : ECOSYSTEM, RAPPORT ANNUEL 2019)

Ainsi, les étapes de collecte et de traitement successives permettant d'obtenir les mix plastiques orientés chez les régénérateurs sont différentes selon les flux de DEEE.

L'organisation de ces étapes pour les DEEE ménagers est en place depuis de nombreuses années et est donc considérée comme mature (stabilité des procédés mis en œuvre).

Dans le cas du PAM et des écrans, certains équipements arrivant en fin de vie à l'heure actuelle sont susceptibles de contenir des plastiques contenant des retardateurs de flamme, et en particulier des

⁸ **ecosystem** est également agréé pour la collecte de certaines catégories de DEEE professionnels (près de 40 000 tonnes collectées en 2019) ainsi que pour la collecte des lampes (près de 5200 tonnes collectées en 2019). Il est à noter que les plastiques présents dans les lampes ne font pas l'objet d'un recyclage matière mais d'autres modes de valorisation ou d'élimination.

retardateurs de flamme bromés (RFB) ; afin de répondre aux obligations réglementaires⁹, une gestion spécifique a été mise en place afin de séparer les plastiques avec et sans retardateurs de flamme bromés, ces derniers ne pouvant pas être recyclés et étant envoyés à date en incinération pour déchets dangereux (gestion mise en œuvre en France).

D. UNITE DE REFERENCE

La fonction exacte des plastiques recyclés étant dépendante des domaines applicatifs qui sont hors du champ de ces travaux, l'unité de référence correspond à une unité déclarée.

Dans le cadre de ces travaux, l'unité de référence est définie comme suit : « Un kilogramme de plastique recyclé (ou PP ou PS ou ABS), issu de plastiques de DEEE collectés en France et régénérés en Europe, sous forme de granulés prêt à l'emploi utilisables par des producteurs d'EEE, départ usine de régénération ».

E. FRONTIERES DU SYSTEME : PRESENTATION DES ETAPES DE LA CHAINE DU RECYCLAGE

Les travaux doivent permettre d'établir des ICV de plastiques recyclés qui pourront être mis en perspective par rapport à l'utilisation de plastiques vierges, qu'il s'agisse des études menées par **ecosystem** ou des études applicatives pouvant être conduites par ses adhérents.

Il convient donc que les périmètres soient « comparables », à savoir de l'extraction des matières premières à la production du plastique vierge, et de la collecte du déchet à la production du plastique recyclé.

Les schémas suivants présentent les étapes de la chaîne du recyclage qui ont été prises en compte pour construire les inventaires de production des plastiques recyclés issus de DEEE.

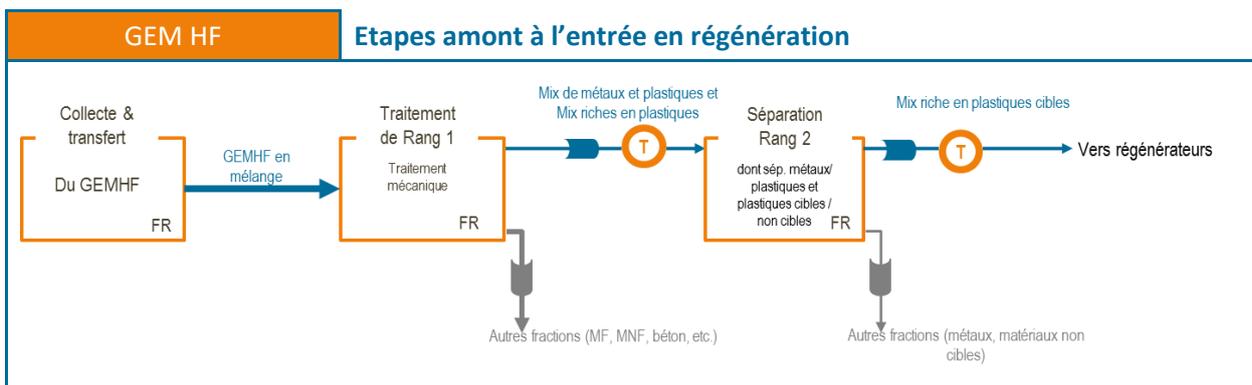
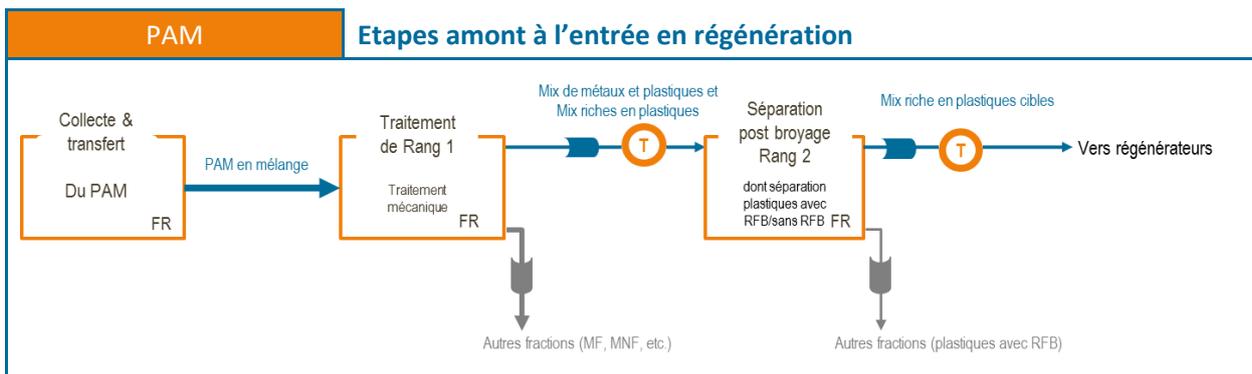
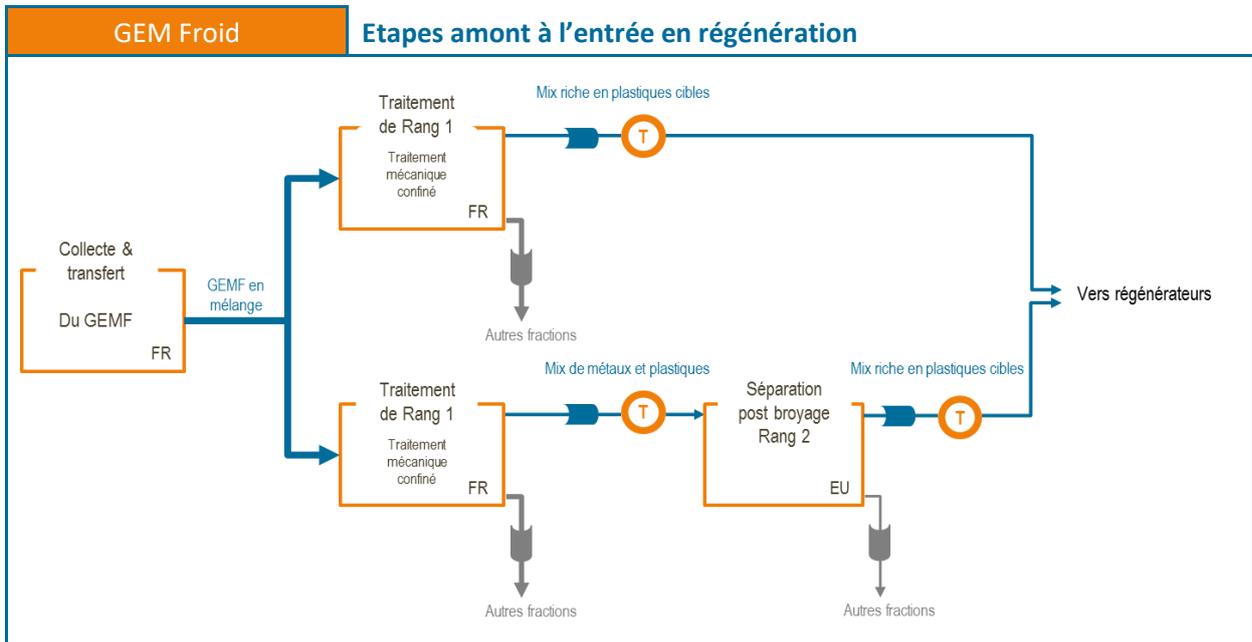
Les schémas suivants exposent successivement :

- Les étapes amont de gestion, préalables à l'envoi en régénération, pour le GEMF, le PAM, le GEMHF et les écrans (plats et CRT).
- Les étapes mises en œuvre par les régénérateurs de plastiques réceptionnant les mix riches en plastiques cibles issus des étapes précédentes.

Les informations relatives aux sources de données et à leur représentativité sont présentées dans le chapitre « Inventaire du cycle de vie », section J, page 30.

⁹ Voir : circulaire du 30/11/12 relative à la gestion des plastiques issus des déchets d'équipements électriques et électroniques ; règlement (UE) n° 2019/1021 du 20/06/19 concernant les polluants organiques persistants ; directive RoHS 2017/2102/UE.

E.1 ETAPES DE LA CHAÎNE DU RECYCLAGE SITUÉES EN AMONT DE L'ENVOI EN RÉGÉNÉRATION



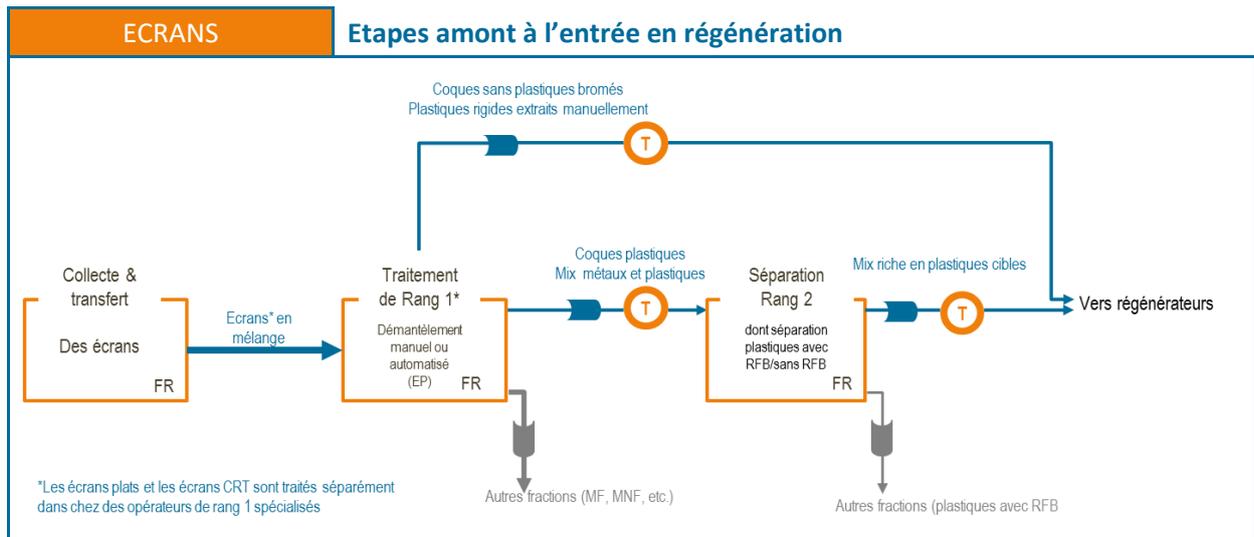


FIGURE 4 – ÉTAPES AMONT A L'ENTREE EN REGENERATION POUR LES DIFFERENTS FLUX DE DEEE MENAGERS

Collecte & transfert : 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.

Traitement de rang 1 : ces opérateurs, situés en France, sont chargés de la dépollution et de la première étape de traitement des DEEE. Le traitement mis en œuvre doit en effet répondre aux obligations réglementaires concernant la dépollution des substances réglementées qui doivent être extraites afin d'être gérées de manière adaptée en raison de leur caractère potentiellement dangereux.

Dans le cas du GEM Froid, après l'extraction des gaz réfrigérants, de l'huile des compresseurs et de certains autres matériaux ciblés, les équipements sont soumis à un traitement mécanisé consistant en un broyage confiné sous azote.

Pour le flux PAM et le GEMHF, les équipements sont soumis à un traitement mécanique (ex : smasher ou désintégrateur pour le PAM, broyeur VHU pour le GEMHF). En revanche, le traitement de rang 1 des écrans CRT est réalisé de manière manuelle et celui des écrans plats repose sur un mix de technologies, les opérateurs travaillant soit de manière manuelle, soit de manière semi-automatisée (robot d'assistance au démontage), soit via un procédé de broyage-séparation.

Le traitement de rang 1 conduit à produire différentes fractions plus ou moins complexes : en effet, sauf cas d'exception (possible en cas de traitement manuel), les fractions ne sont jamais constituées d'un seul matériau (du 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 (ex : métaux ferreux) mais où d'autres matériaux/composants (des cartes électroniques, des inducts....) 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....).

Transport entre 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 le cas échéant. Pour un

opérateur de rang 1 donné et une fraction donnée, plusieurs opérateurs de rang 2 peuvent être concernés.

Traitement intermédiaire de rang 2 : dans le cas des fractions riches en plastiques destinées à être orientées vers le recyclage, les opérateurs de rang 2 peuvent correspondre à :

- a) des opérateurs de traitement intermédiaire en charge de la séparation des métaux et des plastiques dans le cas de mix métaux/plastiques issus du rang 1,
- b) des opérateurs de traitement intermédiaire en charge de la séparation des plastiques avec et sans RFB pour les flux PAM et écrans concernés par cette exigence réglementaire,
- c) des opérateurs de massification/négoce (ces opérateurs pouvant jouer un rôle important afin de garantir une continuité d'approvisionnement aux repreneurs suivants).

Ces opérateurs sont principalement situés en France et très majoritairement dans la zone européenne.

Certains opérateurs de rang 1 traitant du GEM Froid produisent une fraction contenant très majoritairement des plastiques et orientée directement chez des régénérateurs de plastiques, sans étape intermédiaire de traitement.

Transports vers les régénérateurs de plastiques : dans le cadre de ces travaux, ces transports sont réalisés entre des opérateurs situés en France ou en Europe.

E.2 ETAPES MISES EN ŒUVRE PAR LES REGENERATEURS DE PLASTIQUES

Sont présentées ci-après les étapes couramment mises en œuvre par les régénérateurs de plastiques réceptionnant des mix riches en plastiques issus de DEEE.

Il est à noter que les régénérateurs travaillent souvent avec différentes sources de déchets entrants, les plastiques issus de DEEE étant l'une d'entre elles. Ils peuvent ainsi s'approvisionner en divers types de déchets post-consommateurs (ex : plastiques issus de VHU, plastiques d'emballages, etc.) ou pré-consommateurs (ex : chutes de production, rebuts de fabrication).

Certains des régénérateurs sollicités étant d'importants acteurs sur le plan européen, les approvisionnements viennent le plus souvent de différents pays, essentiellement européens.

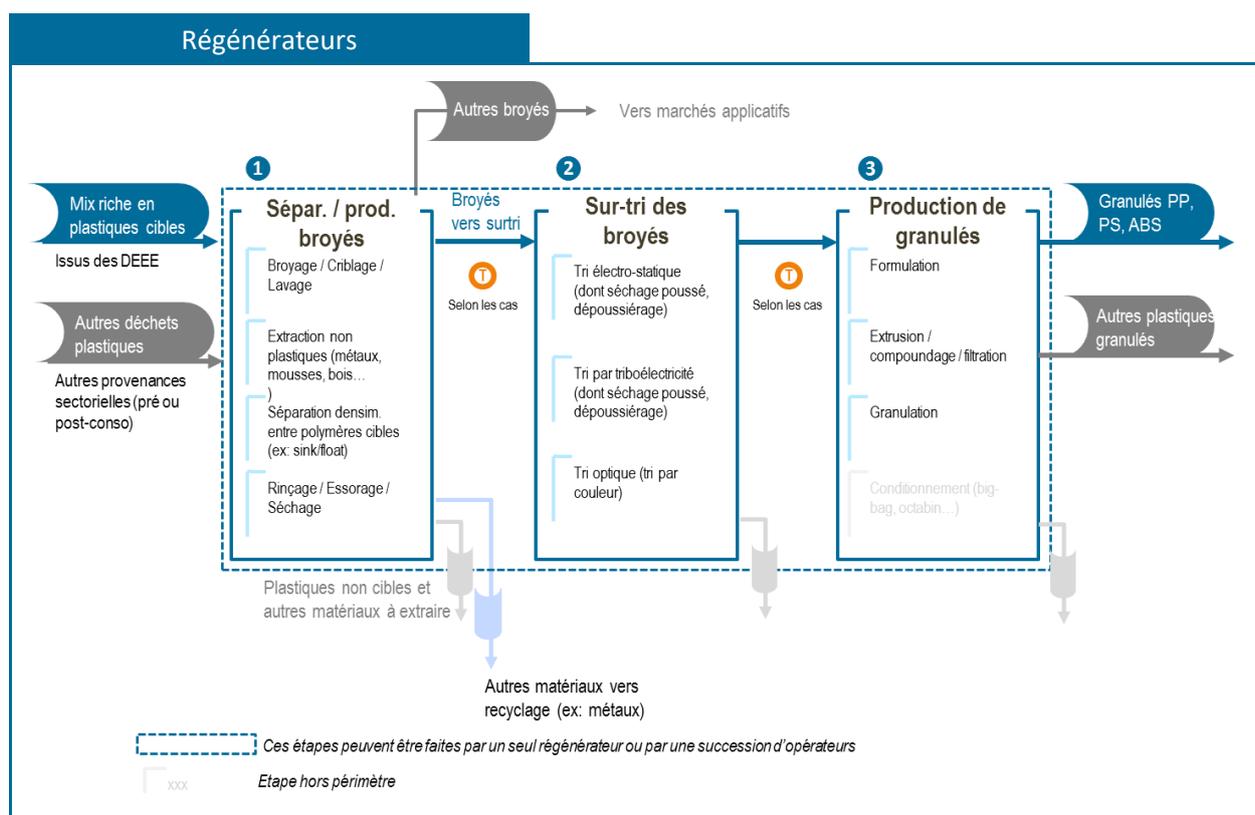


FIGURE 5 – SUCCESION DES ETAPES MISES EN ŒUVRE CHEZ LES REGENERATEURS

Séparation des matériaux présents dans les mix riches en plastiques et obtention de broyés : une succession d'étapes va permettre de :

- libérer les matériaux présents dans les flux entrants,
- extraire le cas échéant les matériaux légers et les métaux présents,
- débarrasser les plastiques des polluants de surface pouvant être présents,
- réaliser un premier niveau de séparation des plastiques cibles (entre eux, et vis-à-vis des autres plastiques non recyclables). Chez les régénérateurs sollicités dans le cas de ces travaux, la technique la plus couramment mise en œuvre pour réaliser ces séparations consiste en une succession de bains densimétriques.

A l'issue de ces étapes, les plastiques cibles (PP, PS, ABS) se présentent sous la forme de broyés. Lorsque les déchets entrants sont constitués de mix de polymères, dont certains peuvent avoir des densités relativement proches, il est fréquent que les broyés obtenus ne soient pas « purs ». Ainsi, les broyés « PS » peuvent contenir une proportion notable d'ABS (et inversement), les broyés « PP » peuvent contenir du PE. Certains régénérateurs obtiennent également des mélanges de plastiques ayant des densités proches tels que des mix PS/ABS/PP-talc/autres.

En fonction des choix commerciaux des régénérateurs et les conditions de marchés, certains régénérateurs vont directement commercialiser tout ou partie de leur production sous forme de broyés. Ces produits peuvent soit être directement utilisées dans des applications acceptant ce type de produits, soit être traités par d'autres acteurs (ex : compounder, autre régénérateur).

D'autres régénérateurs, y compris parmi ceux sollicités pour ces travaux, commercialisent uniquement des plastiques recyclés sous la forme de granulés, les broyés n'étant alors que des produits intermédiaires dans leur chaîne de process.

Sur-tri des broyés en vue d'une extrusion/granulation : en fonction des caractéristiques des broyés obtenus précédemment, les régénérateurs peuvent recourir à des étapes additionnelles permettant : (i) de séparer des plastiques de densité proche et ainsi d'obtenir de hauts niveaux de pureté des broyés, (ii) de réaliser un tri par couleur (pratiqué pour le PS essentiellement).

Un niveau de pureté important sera nécessaire lorsque les plastiques sont destinés à être transformés en granulés, ceci afin d'obtenir *in fine* de bonnes propriétés techniques des granulés¹⁰ (voir Tableau 2– Caractéristiques clés des plastiques recyclés étudiés, page 13)

Chez les régénérateurs sollicités, les techniques mises en œuvre sont ainsi les suivantes :

- séparation par triboélectricité ou par tri électrostatique, ces techniques nécessitant de disposer de broyés très secs et dépoussiérés. Ces techniques sont notamment mises en œuvre pour séparer des mélanges PS/ABS (voir section K, Tableau 9 – Echantillon de régénérateurs : technologies mises en œuvre et type de recyclés commercialisés).
- tri optique pour la séparation par couleur (séparation des broyés blancs des autres coloris).

Ces techniques de sur-tri peuvent être directement mises en œuvre par les régénérateurs de premier rang ou être conduites par des régénérateurs spécialisés dans la séparation de mix de plastiques pré-triés dont les densités sont proches.

Production de granulés : afin de satisfaire les propriétés attendues par leurs clients, les régénérateurs vont généralement recourir à une formulation par ajout de divers additifs (ex : mélange maître couleur, modificateurs d'impacts).

Certains peuvent également formuler des mélanges de type PP-Talc (ajout de talc) ou encore PP-EPDM (ajout d'EPDM) pour certains marchés comme les applications automobiles. Ces mélanges sont cités pour mémoire mais ne sont pas étudiés dans le cadre de ces travaux.

Les étapes d'extrusion / filtration puis de granulation sont ensuite conduites sur une ligne d'extrusion dédiée à un type de polymère à produire.

Transports entre régénérateurs : certains régénérateurs ne conduisant pas l'intégralité du process jusqu'aux granulés, une étape de transport est à considérer entre le premier régénérateur et celui achevant la chaîne de process jusqu'à la production de granulés prêts à l'emploi par des producteurs d'équipements électriques et électroniques.

E.3 EXCLUSIONS

Collecte

L'étape correspondant au trajet effectué par les particuliers (ou par d'autres acteurs) jusqu'au point d'enlèvement des DEEE est exclue du périmètre. 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.

Emballages

Conditionnement des granulés de plastiques recyclés : le conditionnement des granulés produits par les régénérateurs (en big-bag, en octabin, etc.) n'a pas été pris en compte dans la mesure où les inventaires établis par PlasticsEurope⁵ pour les granulés vierges n'intègrent pas leur conditionnement.

¹⁰ La présence en proportion notable de plastiques autres peut détériorer les propriétés techniques d'un plastique donné en raison des problématiques d'incompatibilité entre polymères.

Concernant les consommables pouvant être utilisés chez les opérateurs de séparation ou les régénérateurs (ex : consommables pour bains densimétrique, additifs pour la formulation), les emballages primaires et tertiaires n'ont pas été pris en compte et sont donc négligés.

Infrastructures

L'évaluation a été réalisée en excluant les infrastructures, qu'il s'agisse des étapes amont ou des opérations réalisées par les régénérateurs de plastiques. 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 premier plan que l'on cherche prioritairement à évaluer.

De manière similaire, les inventaires de PlasticsEurope disponibles à date pour les plastiques tels que le PP, le PS et l'ABS (publications antérieures à 2016) ont été basés sur des règles méthodologiques ne prenant pas en compte les infrastructures¹¹.

F. CRITERES DE COUPURE

Aucun critère de coupure volontaire, qu'il soit massif, énergétique ou environnemental, n'a été mis en œuvre dans la conduite de la collecte des données de premier plan constituant la chaîne du recyclage des plastiques issus de DEEE.

Toutefois, certaines informations demandées lors de la collecte des données ont été peu ou pas renseignées. Il s'agit plus particulièrement :

- Des émissions vers l'environnement dues aux procédés de rang 1 ou aux procédés de régénération (ex : rejets de poussières, composés organiques volatils non captés et émis vers l'air lors de l'extrusion)
- De certains consommables représentant des quantités annuelles consommées moindres par rapport aux principaux consommables (ex : consommables utilisés dans le pré-traitement des eaux usées de process, huiles utilisées pour le fonctionnement des équipements) ou présentant un caractère confidentiel (ex : certains consommables utilisés lors des étapes de tri densimétrique).

Ainsi, la prise en compte de certains intrants matériels ou énergétiques ou d'émissions spécifiques peut présenter des limites au regard de certains impacts environnementaux et peut donc être perfectible.

Pour certains d'entre eux, les données manquantes ont été remplacées par des approximations. Le lecteur pourra se reporter à la section « K.2.2.2 Traitement des données manquantes et hypothèses additionnelles » du rapport pour plus de détail.

¹¹ PlasticsEurope - Life Cycle Inventory (LCI) Methodology and Product Category Rules (PCR) for Uncompounded Polymer Resins and Reactive Polymer Precursors. Version 2.0 (April 2011)

G. ANALYSE DE SENSIBILITE POUR L’AFFINAGE DES FRONTIERES DU SYSTEME

Dans la mesure où les étapes prises en compte sont considérées comme exhaustives au regard de l’ensemble de la chaîne de traitement depuis la phase de collecte des DEEE jusqu’à la production de granulés de plastiques recyclés, aucune investigation supplémentaire n’a été mise en œuvre en ce qui concerne l’affinage des frontières du système.

H. EXIGENCES RELATIVES A LA QUALITE DES DONNEES

Pour ces travaux, les exigences de qualité visées sont celles définies dans la norme 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 temporelle**

Les travaux doivent permettre d’établir des inventaires ayant une durée de validité d’environ 2 à 4 ans dans la mesure où une actualisation des ICV de fin de vie des EEE sera probablement conduite à cet horizon de temps, ce qui sera également l’occasion d’actualiser les ICV des plastiques recyclés. Ainsi, la représentativité temporelle doit être compatible avec cet horizon de validité.

- **Représentativité géographique**

Les ICV à établir doivent être représentatifs des flux de déchets plastiques issus de DEEE ménagers collectés en France et orientés chez des régénérateurs européens.

- **Représentativité technologique**

Ces travaux visent à prendre en compte des opérations de régénération qui soient représentatives des procédés de régénération de mix plastiques de composition complexes. Il s’agit également d’établir des ICV adaptés à la modélisation de plastiques recyclés pouvant être utilisés par des producteurs d’EEE notamment (enjeu sur la formulation).

- **Consistance méthodologique**

Une exigence formulée pour ces travaux concerne le besoin de consistance entre ce projet et celui précédemment conduit pour établir les ICV de fin de vie des EEE. En effet, ces travaux préexistants étant réutilisés pour modéliser les étapes amont à la régénération, les bases de données d’arrière-plan doivent être les mêmes.

Un autre aspect concerne la consistance méthodologique à atteindre en ce qui concerne la prise en compte des enjeux de multifonctionnalité, ceux-ci se posant tout au long des étapes de la chaîne du recyclage (étapes amont et régénération en tant que telle).

- **Complétude**

Une exigence formulée pour ces travaux concerne le besoin d’atteindre une bonne complétude en considérant la réalité des étapes constitutives de la chaîne du recyclage des plastiques et en limitant les risques de ne pas considérer des flux entrants ou sortants (pas de critère de coupure volontaire, mise en œuvre d’une démarche de traitement des données manquantes).

- **Pertinence et précision des données**

Un attendu de ces travaux est de pouvoir revendiquer de s’être appuyé sur un travail de collecte de données d’activité auprès de régénérateurs processant des plastiques issus de DEEE, tous les régénérateurs de plastiques n’étant pas en capacité de traiter ce type de déchets.

Pour cette première version des ICV de plastiques recyclés issus de DEEE, il est attendu la meilleure précision possible, sans pour autant atteindre une précision élevée en raison des limites relatives à l'état des connaissances accessibles à la date de réalisation de ces travaux, à savoir :

- Identification partielle des régénérateurs européens réceptionnant des plastiques issus de DEEE collectés en France (visibilité difficile à obtenir lorsque les flux partent en négoce) ;
- Connaissance partielle de la diversité des plastiques présents dans les flux de DEEE et des taux d'orientation de ces différents plastiques vers des régénérateurs à l'issue des opérations de séparation préalables à la régénération.
- Limites relatives aux données de reporting disponibles chez les régénérateurs (ex : suivi global site plutôt que par étapes du process).

L'évaluation de la qualité des données est présentée en section *K.5 Evaluation de la qualité des données et adéquation aux exigences*.

INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE

I. ELEMENTS TRANSVERSAUX

I.1 TRAITEMENT DES ENJEUX DE MULTIFONCTIONNALITE ET D'AFFECTATION

Problématique

Tout au long de la chaîne du recyclage permettant la production de plastiques recyclés, la majorité des étapes de gestion reçoivent en entrée un ou plusieurs flux de déchets et génèrent en sortie un ou plusieurs flux de déchets, parmi lesquels le(s) flux contenant le plastique cible étudié.

Par exemple, le traitement de rang 1 des différents flux de DEEE va permettre de produire :

- (i) les fractions riches en plastiques ayant vocation à être orientés vers le recyclage (flux cible)
- (ii) de nombreuses autres fractions dont les destinations finales peuvent être très différentes : polluants réglementés envoyés en destruction thermique, fractions riches en métaux ferreux ou non ferreux destinées au recyclage, résidus de broyage orientés en enfouissement, etc. (flux non cibles)

Le même type de situation existe pour l'étape de traitement ultérieure qui va permettre de séparer les métaux des plastiques par exemple, et/ou de séparer les plastiques avec et sans RFB pour les flux de DEEE concernés.

Le schéma ci-dessous illustre à partir d'une composition fictive d'un flux d'équipements, la multifonctionnalité des étapes de gestion ainsi que la « distribution » des matériaux initialement présents dans des DEEE entre les différents sortants le long de la chaîne de traitement.

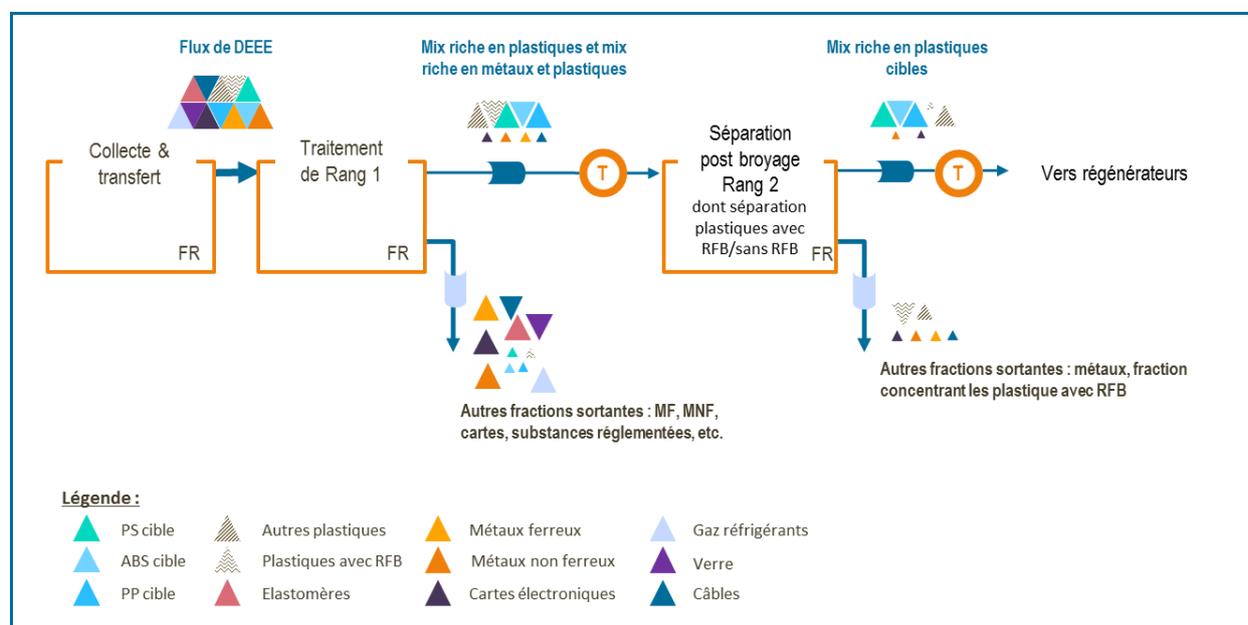


FIGURE 6 – MULTIFONCTIONNALITE DES ETAPES DE GESTION DE LA CHAINE DU RECYCLAGE : ILLUSTRATION

De manière similaire, les premières étapes de process conduites par les régénérateurs de plastiques vont permettre de séparer :

- (i) les plastiques cibles qui seront ensuite envoyés en extrusion/granulation,
- (ii) des métaux résiduels orientés vers le recyclage,

- (iii) éventuellement d'autres matériaux résiduels recyclables (ex : mousses PUR pour les plastiques de GEM F)
- (iv) un mix de matériaux résiduels consistant en des plastiques (ex : polymères non cibles, plastiques cibles mais trop chargés) et d'autres matériaux non valorisables, ces fractions étant le plus souvent orientées en incinération ou vers l'enfouissement.

En outre, selon les régénérateurs, ceux-ci peuvent commercialiser uniquement des plastiques sous la forme de granulés ou alors produire des broyés et des granulés en vue de leur commercialisation.

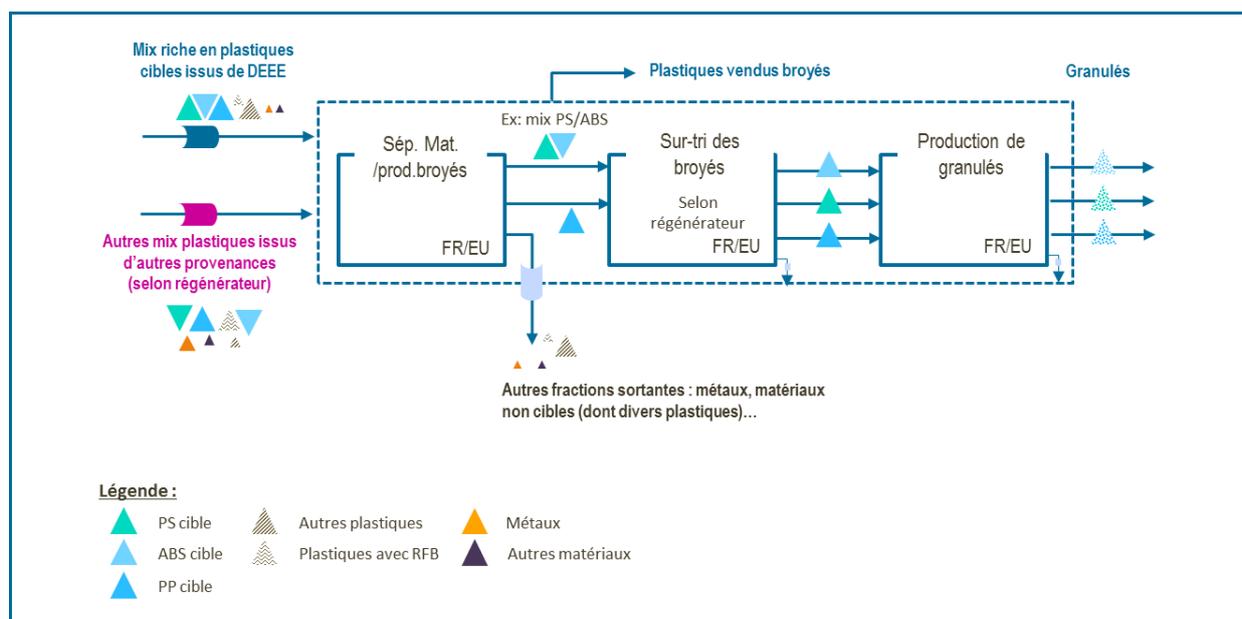


FIGURE 7 – MULTIFONCTIONNALITE CHEZ LES REGENERATEURS : ILLUSTRATION

Il existe donc un enjeu de multi-fonctionnalité qu'il convient de traiter en cohérence avec les objectifs des présents travaux, à savoir établir, selon une démarche d'ACV attributionnelle, l'inventaire de production de certaines matériaux issus du recyclage, à savoir du PP, du PS et de l'ABS recyclés issus de DEEE.

Cet enjeu soulève ainsi deux types de questionnement :

- Les impacts et les bénéfices éventuels de la gestion ultérieure des flux non cibles doivent-ils ou non être comptabilisés comme des « charges » de l'étape de gestion concernée ?
Remarque : les « charges » d'une étape doivent être affectées aux flux identifiés comme les « co-produits » obtenus en sortie d'une étape
- Quelle modalité d'affectation doit être mise en œuvre pour répartir les charges entre les différents co-produits de l'étape, que ces co-produits correspondent à des flux cibles ou non cibles ?

Quelques considérations sur les spécificités de la gestion des déchets

Dans le cas d'un déchet, il n'y a pas - sauf cas d'exception - de « produit » en sortie d'une étape de gestion des déchets et tous les flux sortants sont des déchets. Une étape de gestion des déchets doit donc plutôt être considérée comme assurant un service.

De notre point de vue, la valeur économique des différents flux sortants d'une étape de gestion des déchets ne constitue pas un moyen approprié d'identifier le service rendu par une étape ou de hiérarchiser les services rendus. Certains flux sortants d'une étape de gestion des déchets constituent

un poste de coût, celui-ci pouvant être plus ou moins élevé en fonction du traitement ultérieur, alors que d'autres flux sortants de cette même étape constituent au contraire une recette, celle-ci pouvant être plus ou moins élevée en fonction de la valeur des matériaux constituant ces flux.

A titre d'exemple, lors du traitement des GEM F, les flux correspondant aux gaz réfrigérants et aux gaz d'expansion qui sont captés constituent un poste de coût, d'autant plus élevé que ces gaz doivent être traités en incinération de déchets dangereux ; à l'inverse, les fractions métalliques et les métaux non ferreux qui sont extraits au cours du traitement vont constituer *a priori* un poste de recette.

De notre point de vue, il serait inapproprié de se baser sur l'observation des attributs économiques de ces flux sortants pour en conclure que le principal service rendu par le traitement des GEM F consiste avant tout dans l'extraction des fractions métalliques en vue de leur recyclage. En effet, cela reviendrait à « ignorer » que la réglementation impose comme mission primordiale de certaines filières de fin de vie d'assurer la dépollution et la gestion appropriée d'un point de vue environnemental des « polluants ».

Il nous semble en revanche légitime de prendre en compte les différents services, qui peuvent consister à la fois dans l'extraction de polluants pour les orienter vers un traitement adapté mais également dans la séparation et l'extraction des matériaux valorisables pour les orienter vers une valorisation adaptée.

Orientations méthodologiques

Les inventaires qui seront mis à disposition devront pouvoir être utilisés par les producteurs d'EEE dans les démarches d'éco-conception ou encore dans l'élaboration d'empreintes environnementales.

Ces deux types de démarches mettent en œuvre, pour les phases de production et de fin de vie notamment, une logique d'analyse et d'évaluation matériau par matériau, en particulier en ce qui concerne les paramètres clés en lien avec la circularité (fin de vie des matériaux, intégration de recyclé).

Ainsi, les choix techniques d'affectation reposent sur **un principe d'indépendance de la comptabilisation entre matériaux** constitutifs des produits étudiés. Autrement dit, les choix de gestion faits pour les matériaux autres que les plastiques recyclés étudiés, dont les impacts et les bénéfices de leur gestion finale, ne doivent pas influencer les inventaires et donc les résultats d'impacts des plastiques ciblés.

Afin d'illustrer ce principe, citons les quelques exemples suivants. En appliquant cette approche, nous n'affectons pas :

- le traitement des gaz réfrigérants au PS recyclé issu du GEMF ;
- les bénéfices du recyclage des cartes électroniques extraites en rang 1 au PP recyclé des PAM ;
- le traitement en incinération déchets dangereux du PP avec RFB au PP non chargé recyclé issu de PAM ;
- les bénéfices de recyclage des métaux extraits chez les régénérateurs de plastiques aux plastiques recyclés produits ;
- le traitement des plastiques non cibles écartés lors des premières étapes mises en œuvre chez les régénérateurs aux plastiques recyclés produits.

L'application de ce principe a pour corollaire de considérer les différents flux sortants d'une étape de gestion, qu'il s'agisse des flux cibles contenant les plastiques à recycler ou des flux non cibles, comme les différents produits (coproduits) de l'étape sur lesquels les charges sont à répartir.

Compte tenu des spécificités de la gestion des déchets préalablement exposées, la répartition des charges d'une étape entre ces différents sortants a été conduite selon un principe **d'affectation massique**.

Dans le cas des étapes conduites par les régénérateurs, on notera que seules les premières étapes de séparation ont été affectées entre les différents sortants (plastiques cibles, métaux extraits, matériaux non cibles). Les étapes éventuelles de sur-tri des plastiques broyés et d'extrusion/granulation ont été affectées aux seuls plastiques recyclés.

Périmètre régénération	Flux sortants considérés pour l'affectation des « charges » des étapes de process
Bloc 1 Séparation des matériaux / obtention des broyés cibles	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plastiques broyés cibles pour le régénérateur ▪ Matériaux hors plastiques envoyés vers le recyclage ou vers une valorisation matière. Ex : métaux ferreux ou non ferreux, mousse PUR (le cas échéant) ▪ Refus de séparation envoyés en enfouissement ou en incinération. Par ex : plastiques non cibles, plastiques chargés, autres matériaux constitutifs des DEEE et présents dans les déchets entrant en régénération. Ces matériaux se retrouvent ainsi dans les déchets solides, les boues de traitement ou encore les poussières captées.
Bloc 2 Surtri des broyés cibles	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plastiques broyés cibles sur-triés
Bloc 3 Prod. des granulés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plastiques granulés

TABLEAU 3 – ÉTAPES CONDUITES PAR LES REGENERATEURS : MISE EN ŒUVRE DES REGLES D'AFFECTION ET FLUX SORTANTS CONCERNES

I.2 SOURCE DES DONNEES D'INVENTAIRE D'ARRIERE-PLAN

Ces travaux s'appuyant sur ceux conduits pour les ICV de fin de vie des DEEE (dernière actualisation conduite sur le premier semestre 2018), il a été décidé d'utiliser la même base de données des inventaires d'arrière-plan afin de garantir la consistance des données d'arrière-plan.

Ainsi, les inventaires ecoinvent utilisés dans le cadre de ces travaux sont relatifs à la version 3.4 publiée en octobre 2017 par ecoinvent et mise à disposition dans SIMAPRO en 2018.

I.3 PRODUCTION D'ELECTRICITE

Les régénérateurs de plastiques ont été interrogés sur l'origine de l'électricité qu'ils consomment et tous ont précisé utiliser une électricité provenant de leur réseau national.

Ainsi, trois profils sont à considérer pour l'électricité consommée lors des étapes de régénération :

Information confidentielle non publique, qui a toutefois été analysée lors de la revue critique

En ce qui concerne les opérations situées en amont des régénérateurs, celles-ci sont très majoritairement réalisées en France et leur modélisation faire appel au profil moyenne tension établi pour la France.

A titre informatif, l'impact sur l'effet de serre de la production d'un kWh électrique est précisé dans le tableau ci-après (en g équiv. CO₂/kWh). Rappelons que les inventaires utilisés sont similaires à ceux utilisés pour établir les étapes amont de la chaîne du recyclage.

Electricité réseau	Source	g eq CO ₂ /kWh (méthode IPCC 2013)
Informations confidentielles non publiques qui ont toutefois été analysées lors de la revue critique		

TABLEAU 4 – PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ : INVENTAIRES DE PRODUCTION UTILISÉS ET ORDRE DE GRANDEUR DE L'IMPACT GES

Modélisation de l'électricité en France

Le modèle électrique ecoinvent V3.4 pour la France se base sur une seule année (2014), qui s'avère être assez particulière en raison des conditions météorologiques cette année-là. Il a donc été jugé préférable d'établir un ICV moyennant 3 années consécutives.

Ce profil, représentatif de la période 2015-2017, a été spécifiquement établi à partir des données suivantes :

- Des données productions annuelles publiées par RTE pour la France métropolitaine pour les années 2015 à 2017 ;
- 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.

J. ÉTAPES AMONT A L'ÉTAPE DE RÉGÉNÉRATION

J.1 RAPPEL QUANT AUX TRAVAUX PRÉEXISTANTS

En ce qui concerne les étapes amont à la régénération, les données d'activité ont été recueillies à l'occasion des travaux d'élaboration des ICV de fin de vie des matériaux constitutifs des différents flux de DEEE ménagers qui ont été conduits entre 2015 et 2018. Les ICV ainsi produits sont évalués comme valables jusqu'en 2022.

Le lecteur pourra se reporter à la synthèse méthodologique de ces travaux (« 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 », version V2.0 de juin 2018), disponible sur le node d'**ecosystem** sur le Life Cycle Data Network¹².

Cette synthèse décrit les données d'activité recueillies, leur représentativité, les éléments de méthode, l'évaluation de la qualité des données et l'adéquation vis-à-vis des exigences de qualité attendues, pour les étapes de gestion qui sont à considérées pour les présents travaux :

- Logistique amont (collecte & regroupement) ;
- Traitement par les opérateurs de rang 1 ;

¹² http://weee-lci.ecosystem.eco/Node/showSource.xhtml?uuid=a7bee5bf-0449-4d85-9779-8f795e2dc022&stock=ecosystem_WEEE_LCI

- Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2 ;
- Opérations de rang 2.

J.2 SOURCES ET REPRESENTATIVITE DES DONNEES DE PREMIER PLAN

Logistique amont et opérations de rang 1

Les travaux conduits lors de l'élaboration des ICV de fin de vie ont permis de recueillir des données d'activité spécifiques. Les taux de couverture de ces travaux en ce qui concerne la logistique amont et les opérations de rang 1 relatives aux différents flux de DEEE sont exposés dans le tableau ci-après.

Flux de DEEE	Logistique amont		Opérateurs de rang 1	
	Taux de couverture massique des travaux	Localisation géographique	Taux de couverture massique des travaux	Localisation géographique
GEMF	≈ 100 % du tonnage collecté 2014	France, dont DOM COM	100 % du tonnage 2014	France (métropole)
GEMHF	≈ 100 % du tonnage collecté 2014	France, dont DOM COM	≈ 90 % du tonnage 2014	France (métropole)
PAM	≈ 100 % du tonnage collecté 2014	France, dont DOM COM	≈ 95 % du tonnage 2014	France (métropole)
ECRANS PLATS	≈ 100 % du tonnage collecté 2014	France, dont DOM COM	≈ 93 % du tonnage 2015	France (métropole)

TABLEAU 5 – TAUX DE COUVERTURE MASSIQUE DE LA LOGISTIQUE AMONT ET DES OPERATEURS DE RANG 1 PRIS EN COMPTE PAR RAPPORT AU TONNAGE GERE PAR ECOSYSTEM POUR L'ANNEE CONSIDEREE

Les écrans CRT n'ayant pas été étudiés lors des travaux sur les ICV de fin de vie¹³, les étapes amont pour ce flux ont été estimées par analogie avec les écrans plats.

Transport entre les opérateurs de rang 1 et de rang 2

Lors des travaux sur les ICV de fin de vie, les opérateurs de rang 1 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 et leur densité.

L'ensemble de ces données a été exploité afin de modéliser pour chaque fraction le transport entre les opérateurs de traitement de rang 1 et les opérateurs de rang 2.

Pour les besoins des présents travaux, seules les fractions sortant de rang 1 contenant des plastiques qui seront orientés vers le recyclage doivent être prises en compte. En effet, les autres fractions contenant des plastiques dont la destination finale n'est pas le recyclage (ex : enfouissement, incinération) n'ont pas à être prises en compte.

Ainsi, seules les fractions suivantes – obtenues en sortie de rang 1 – sont considérées. La clé de pondération entre ces fractions plastiques a été faite sur la base des plastiques présents dans ces fractions et effectivement orientés vers des régénérateurs de plastiques. Cette clé permet de pondérer les distances de transport entre les rangs 1 et 2.

¹³ Ces équipements n'étant plus produits depuis de nombreuses années, il n'y avait pas de besoin en termes d'éco-conception.

Flux de gestion	Fractions en sortie de rang 1 prises en compte
GEMF	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plastiques en mélange ▪ Mélange métaux/plastiques
GEMHF	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plastiques en mélange ▪ Mélange métaux/plastiques ▪ Fines métaux/plastiques
PAM	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plastiques en mélange ▪ Mélange métaux/plastiques ▪ Fines métaux/plastiques
ECRANS PLATS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coques plastiques ▪ Plastiques rigides extraits manuellement ▪ Mélange métaux/plastiques post-broyage ▪ Carcasses gérées sur ligne de traitement PAM

TABLEAU 6 – FRACTIONS OBTENUES EN SORTIE DE RANG 1 ET CONTENANT DES PLASTIQUES A ORIENTER EN REGENERATION

Opérateurs de rang 2

Dans le cas des plastiques recyclés issus de DEEE, les opérateurs de rang 2 sont chargés de réaliser des opérations de séparation sur les fractions riches en plastiques en amont des régénérateurs (séparation métaux/plastiques, séparation plastiques avec et sans RFB).

Pour des raisons de volumétrie de travail et de difficultés d'accès aux données, il n'était pas envisageable lors des travaux sur les ICV de fin de vie des DEEE de recueillir les données d'activités relatives à l'ensemble des opérations de rang 2 et des opérations ultérieures jusqu'aux destinations finales par l'intermédiaire de questionnaires (plusieurs centaines d'opérateurs à l'échelle de l'ensemble des catégories de DEEE étudiées).

Des stratégies alternatives d'obtention des données ont ainsi été mises en œuvre comme cela est précisé dans la synthèse méthodologique :

- analogie avec certains aspects des opérations de traitement de rang 1 du flux PAM tels que la consommation d'électricité, la consommation de carburants pour les engins et les émissions de poussières ;
- validation de la cohérence avec un jeu de valeurs obtenu auprès d'un opérateur de rang 2 qui conduit un procédé de séparation des plastiques.

Ainsi, un modèle générique a été établi pour les opérateurs de rang 2 et tient compte :

- des consommations d'énergie du procédé, dont de l'électricité ;
- des consommations d'énergie des engins de manutention ;
- des émissions de poussières.

La localisation géographique des opérateurs de rang 2 prise en compte pour les présents travaux est précisée ci-après.

Flux de DEEE	Localisation géographique des opérateurs de rang 2	Localisation retenue pour les ICV plastiques recyclés
GEMF	Allemagne (cas de mix métaux/plastiques)	Allemagne
PAM	France (obligation réglementaire de séparation des plastiques avec et sans RFB)	France
GEMHF	Majoritairement en France. Tonnage limité vers des opérateurs en Europe hors France (< 5%)	France
ECRANS Plats	France (obligation réglementaire de séparation des plastiques avec et sans RFB)	France

TABLEAU 7 – LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES OPERATEURS DE RANG 2

Pour mémoire, pour les opérateurs de rang 1 du GEMF produisant une fraction de plastiques en mélange (faible proportion de métaux), celle-ci est directement envoyée chez les régénérateurs de plastiques.

Transport entre opérateurs de rang 2 et les régénérateurs

Pour les présents travaux qui ciblent exclusivement les fractions issues des opérateurs de rang 1 orientées vers des régénérateurs de plastiques, des hypothèses simplifiées ont été considérées :

- Opérateur de rang 2 situé en France - régénérateur situé en France : distance de 500 km, transport par tracteur routier de 40 tonnes de PTAC en pleine charge. Un taux de retour à vide est également considéré¹⁴.
- Opérateur de rang 2 situé en France - régénérateur situé en Europe (principalement dans des pays européens limitrophes de la France) : distance de 1000 km, transport par tracteur routier de 40 tonnes de PTAC en pleine charge. Un taux de retour à vide est également considéré.

J.3 ETAPES AMONT A LA REGENERATION : CLES DE PONDERATION UTILISEES POUR ETABLIR LES INVENTAIRES MOYENS « PLASTIQUES RECYCLES »

Pour chacun des plastiques étudiés – PP, PS et ABS régénérés en Europe, il convient d'établir les flux de DEEE ménagers à l'origine de ces plastiques ainsi que les contributions respectives des différents flux.

En effet, les différences entre flux de DEEE ménagers concernent aussi bien les tonnages annuels collectés que la composition des mix plastiques orientés vers la régénération :

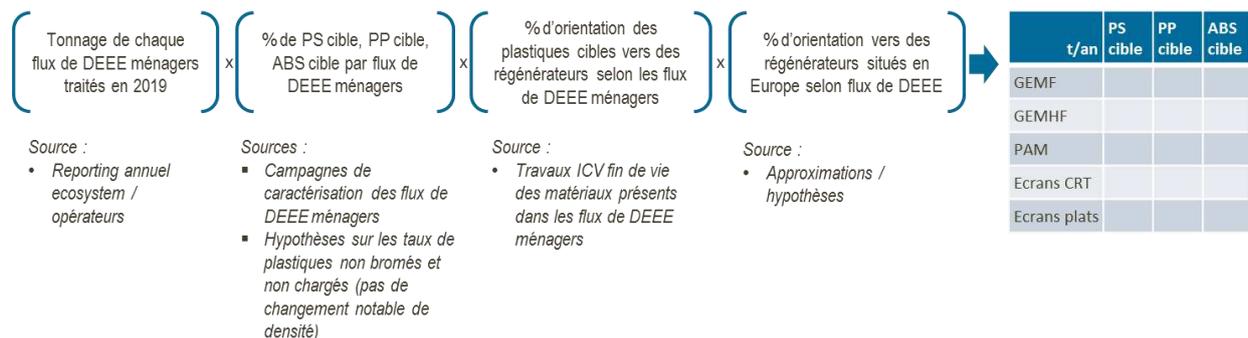
- Les plastiques cibles majoritaires varient d'un flux à un autre ;
- Les proportions de plastiques non cibles et de matériaux autres que des plastiques dans les mix plastiques sont fonction du flux de DEEE traités (composition initiale des équipements collectés, succession et efficacité de séparation des étapes de gestion).

Information confidentielle non publique, qui a toutefois été analysée lors de la revue critique

Afin de tenir compte de ces spécificités, un profil moyen dédié à chacun des plastiques recyclés a été établi sur la base du principe de calcul et des sources de données présentés dans le schéma suivant :

¹⁴ Même source de données que pour les ICV de fin de vie des DEEE.

ICV de plastiques recyclés issus de plastiques de DEEE ménagers gérés en France et régénérés en Europe



Ainsi, les profils « amont » des différents plastiques étudiés sont les suivants :

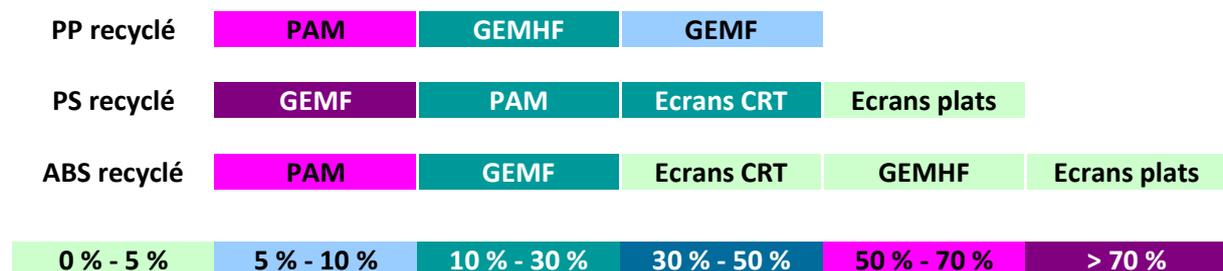


FIGURE 8 – ÉTAPES AMONT : CONTRIBUTION DES FLUX DE DEEE MENAGERS A CONSIDERER POUR ETABLIR LE PROFILS MOYEN DES PLASTIQUES ETUDIÉS

Pour des raisons de confidentialité, la répartition par flux de DEEE est indiquée sur la figure avec un code couleur correspondant à des plages de valeur. Pour les besoins de la modélisation des inventaires, les pourcentages précis ont été considérés.

K. ÉTAPES CONDUITES CHEZ LES RÉGÉNÉRATEURS DE PLASTIQUES

La commercialisation des mix plastiques issus de DEEE et orientés vers des régénérateurs est assurée par les opérateurs de traitement selon les conditions de marché établies entre eux et les repreneurs de ces fractions (régénérateurs, acteurs de négoce). Ainsi, **ecosystem** n'est pas en relation contractuelle directe avec les régénérateurs de plastiques¹⁵.

ecosystem dispose toutefois d'informations quant aux régénérateurs de plastiques réceptionnant des plastiques issus de DEEE grâce aux reportings réguliers réalisés par les opérateurs de rang 1 ainsi qu'au travers d'autres études spécifiques conduites par **ecosystem**.

Cette connaissance a ainsi permis de solliciter différents régénérateurs de plastiques, quatre d'entre eux ayant accepté de participer activement à ce projet.

¹⁵ **ecosystem** est toutefois en relation avec divers régénérateurs de plastiques, dans le cadre de son accompagnement sur les projets d'intégration de recyclé chez les producteurs adhérents.

K.1 SOURCES ET REPRESENTATIVITE DES TRAVAUX

K.1.1 PRESENTATION DE L'ECHANTILLON DES REGENERATEURS SOLLICITES POUR LA COLLECTE DE DONNEES D'ACTIVITE

K.1.1.1 Présentation de l'échantillon

Pour ces travaux, des données d'activité relatives à l'année 2019 ont été recueillies auprès d'un échantillon de quatre régénérateurs de plastiques situés en France ou en Europe et réceptionnant des mix plastiques provenant de DEEE ménagers collectés en France.

Selon les profils des régénérateurs, les mix plastiques de DEEE - en provenance de France ou d'autres pays européens - peuvent constituer l'approvisionnement unique, un approvisionnement majoritaire ou une source secondaire de déchets entrants. Ainsi, les plastiques recyclés produits par ces régénérateurs proviennent pour partie seulement des DEEE collectés en France.

Le tableau ci-dessous apporte quelques informations synthétiques sur les types de déchets plastiques réceptionnés par les quatre régénérateurs enquêtés.

Informations confidentielles non publiques, qui ont toutefois été analysées lors de la revue critique

Ce tableau présente, pour chacun des régénérateurs, les informations suivantes :

- Part des plastiques de DEEE dans les flux de déchets plastiques entrants chez le régénérateur
- Les origines sectorielles des autres flux de déchets plastiques entrants
- Les flux d'équipements à l'origine des plastiques de DEEE France (GEMF, PAM, etc.)
- La localisation géographique du régénérateur

TABLEAU 8 – ECHANTILLON DE REGENERATEURS : APERÇU DE LA PROVENANCE SECTORIELLE DES DECHETS ENTRANT EN REGENERATION

Les principales technologies mises en œuvre par les quatre régénérateurs ainsi que les types de plastiques recyclés commercialisés sont décrits ci-après :

Informations confidentielles non publiques, qui ont toutefois été analysées lors de la revue critique

Ce tableau présente, pour chacun des régénérateurs, les informations suivantes :

- Les principales technologies mises en œuvre pour réaliser l'extraction des matériaux non plastiques et la séparation des différents types de plastiques entre eux
- Une présentation des plastiques recyclés commercialisés, en termes de polymères et de format (granulés, broyés)

X	X	X			
		X	X	X	X
	• X				
	• X				
	• X				
	• X				

X

TABLEAU 9 – ÉCHANTILLON DE REGENERATEURS : TECHNOLOGIES MISES EN ŒUVRE ET TYPE DE RECYCLES COMMERCIALISES

Il importe de préciser que :

- certaines technologies peuvent concerner l'ensemble des plastiques recyclés produits ou alors être plus spécifiquement mises en œuvre pour séparer certains plastiques (ex : tri électrostatique utilisé pour séparer les broyés PS et ABS).
- certains régénérateurs commercialisent certains plastiques partiellement ou totalement sous la forme de broyés. Cela concerne :

Information confidentielle non publique, qui a toutefois été analysée lors de la revue critique

K.1.1.2 REPRESENTATIVITE DE L'ÉCHANTILLON

L'intégralité des régénérateurs réceptionnant des plastiques issus de DEEE collectés en France n'ayant pas pu être sollicitée pour cette étude, il a été nécessaire d'évaluer le « taux de couverture » de l'échantillon.

Les plastiques recyclés ne provenant pas uniquement des DEEE collectés en France, les quantités de plastiques cibles (PS, PP, ABS) orientées chez les régénérateurs de l'échantillon ont été estimées à partir :

- des quantités de mix plastiques en provenance de DEEE collectés en France et réceptionnées par chaque régénérateur. Ces données se rapportent à l'année 2019.
- des profils de composition des mix plastiques par flux de DEEE.

La figure ci-dessous rend compte de la contribution des régénérateurs de l'échantillon pour chacun des trois plastiques recyclés étudiés.

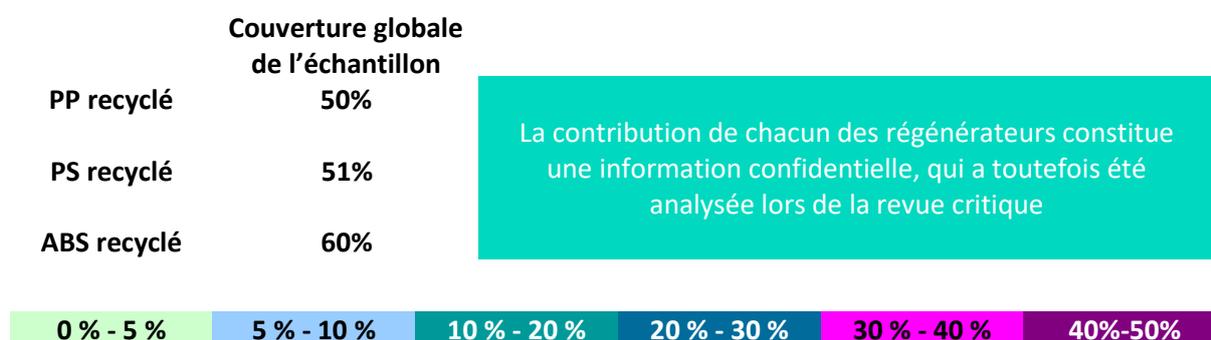


FIGURE 9 – TAUX DE COUVERTURE GLOBAL DE L'ÉCHANTILLON DE REGENERATEURS POUR LES TROIS PLASTIQUES RECYCLES ETUDIÉS ET CONTRIBUTION PAR REGENERATEUR

Pour des raisons de confidentialité, la contribution de chacun des régénérateurs de l'échantillon est indiquée sur la figure avec un code couleur correspondant à des plages de valeur. Pour les besoins de la modélisation des inventaires, les pourcentages précis ont été considérés.

K.1.2 EXTRAPOLATIONS COMPLEMENTAIRES MISES EN ŒUVRE POUR REpondre AUX OBJECTIFS DES TRAVAUX

L'échantillon de régénérateurs auprès desquels une collecte de données a été conduite présente certaines restrictions au regard des objectifs des travaux :

- Le taux de couverture se situe entre 50% et 60% selon le plastique recyclé considéré, sachant que la représentativité géographique de cet échantillon est susceptible d'être différente de celle de l'ensemble des régénérateurs européens de plastiques issus de DEEE collectés en France.
- Les régénérateurs de l'échantillon ne conduisent pas nécessairement l'intégralité des étapes nécessaires à l'obtention d'un plastique granulé prêt à l'emploi par des producteurs d'équipements électriques et électroniques. En effet, certains recyclés sont exclusivement ou partiellement produits sous la forme de broyés.

Afin d'améliorer la représentativité des travaux, la démarche d'extrapolation ci-dessous a été mise en œuvre.

Extrapolation afin de couvrir l'ensemble des étapes jusqu'à la production de granulés

Lorsque les régénérateurs de l'échantillon produisent uniquement ou pour partie une qualité « broyés » pour un plastique ciblé par l'étude, un bloc de process additionnel a été ajouté afin de couvrir les étapes de formulation/extrusion/granulation qui devraient être conduites pour obtenir un granulé prêt à l'emploi pour des producteurs d'équipements électriques et électroniques.

Pour cela, les choix suivants ont été réalisés :

- Ne disposant pas d'information précises sur la localisation des entreprises pouvant mettre en œuvre ces étapes complémentaires (ex : même pays que le régénérateur, autre pays européen), une implantation « Europe » a été retenue. Ainsi :
 - En ce qui concerne l'électricité consommée pour ces étapes de process, un profil moyen Europe a été utilisé ;
 - Une distance de 500 km et un transport massifié par tracteur routier ont été considérés entre les deux régénérateurs.
- Les intrants énergétiques et matériels ainsi que les émissions spécifiques ont été estimées à partir des données recueillies auprès des régénérateurs de l'échantillon ayant fourni des données spécifiques sur le bloc « formulation/extrusion/granulation » et en réalisant une moyenne arithmétique de ces données. Ainsi, cette moyenne est basée sur les profils des régénérateurs confidentiel.

Extrapolation afin de représenter les régénérateurs non inclus dans l'échantillon de collecte des données

Ces travaux n'ont pas pu couvrir l'intégralité des régénérateurs européens de plastiques réceptionnant des mix plastiques issus de DEEE collectés en France.

D'après les informations connues d'**ecosystem**, ces régénérateurs peuvent être localisés en France ou ailleurs en Europe **confidentiel**, sans qu'il soit possible de connaître précisément - à la date de réalisation de ces travaux - leur distribution géographique.

Un intrant énergétique important dans les procédés mis en œuvre par les régénérateurs de plastiques étant l'électricité, le profil de production de l'électricité a une influence notable sur les inventaires de production des plastiques recyclés.

La représentativité géographique des régénérateurs « hors échantillon » pouvant être différente de celle de l'échantillon **confidentiel**, le choix a été fait d'établir un profil « régénérateurs hors échantillon » en considérant une implantation « Europe ». Ainsi :

- Le profil a été construit sur la base d'une contribution 50/50 des profils des deux principaux régénérateurs de l'échantillon, à savoir les régénérateurs **confidentiel**.
- l'électricité consommée pour les étapes de process a été remplacée par un profil moyen Europe.

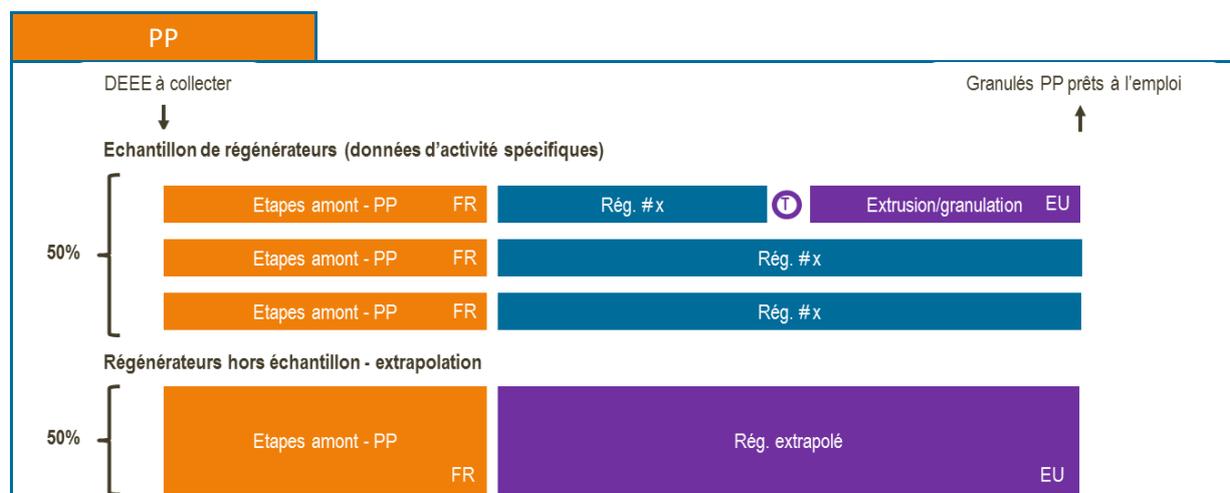
K.1.3 REPRESENTATIVITE FINALE ET ARTICULATION DES SOURCES DE DONNEES

En synthèse des éléments précédemment exposés, les figures ci-après matérialisent la représentativité des sources de données utilisées et leur articulation pour chacun des plastiques recyclés étudiés.

L'identité des régénérateurs constitue une information confidentielle non reprise dans les schémas ci-après. Ces informations ont toutefois été mises à disposition de la revue critique.

Typologie des sources des données :

- D'après travaux ecosystem sur les ICV de fin de vie des flux de DEEE ménagers. Profil moyen pour chaque plastique recyclé (PP, PS, ABS)
- Collecte de données spécifiques auprès de quatre régénérateurs européens
- Extrapolations



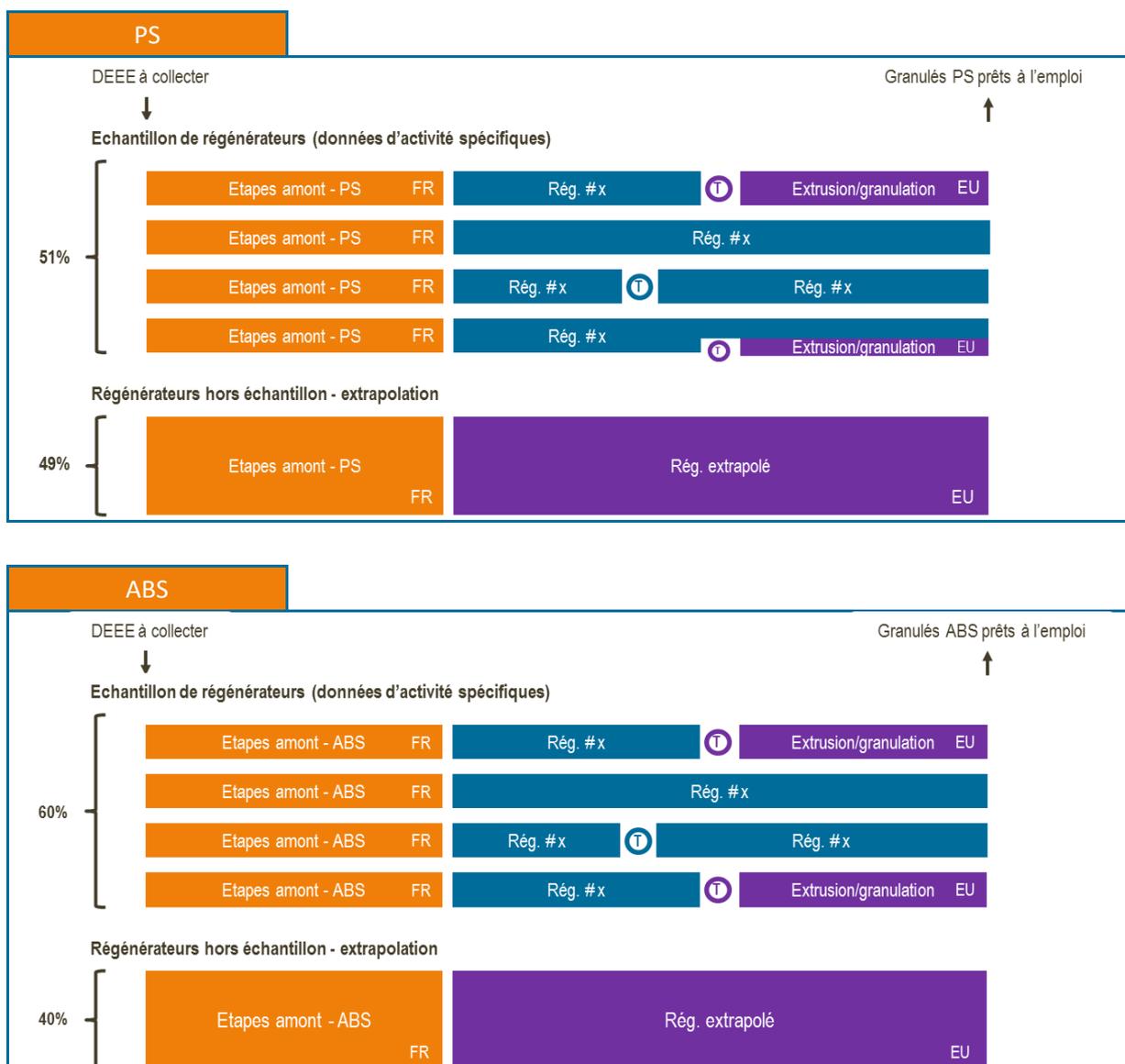


FIGURE 10 – REPRESENTATIVITE DES INVENTAIRES : CONTRIBUTION DES DONNEES DE L’ECHANTILLON ET DES DONNEES EXTRAPOLEES

K.2 DONNEES D’ACTIVITE RECUEILLIES AUPRES DES REGENERATEURS

K.2.1 RECUEIL ET VALIDATION DES DONNEES D’ACTIVITE

La collecte de données a été organisée sous la forme de questionnaires, organisés selon une même structure et une même logique mais prenant en compte si besoin les spécificités des régénérateurs.

Pour cela, en amont de l’élaboration et de l’envoi des questionnaires, des visites de terrain et/ou des entretiens téléphoniques ont été organisés avec les régénérateurs afin de prendre connaissance des étapes de procédés mises en œuvre dans leurs installations et de déterminer les données à recueillir.

Les précisions apportées sur certaines modalités de collecte des données auprès des régénérateurs constituent des données confidentielles qui ont toutefois été analysées par la revue critique

A réception de chacun des questionnaires renseignés, une analyse détaillée des réponses a été conduite par Bleu Safran et **ecosystem** et les questions résiduelles ont été transmises au régénérateur. Ce travail a notamment porté sur :

- La cohérence des bilans des flux entrée/sorties
- La vraisemblance des ordres de grandeurs obtenus sur les principaux intrants énergétiques notamment
- Des clarifications sur les étapes de process communes à l'ensemble des plastiques recyclés produits et celles plus spécifiques à certains plastiques
- Des compléments d'information et demandes de précision sur certains consommables
- Des compléments d'information et demandes de précision sur les émissions et rejets des procédés

Ces échanges complémentaires ont donné lieu, le cas échéant, à une mise à jour du questionnaire de collecte des données.

K.2.2 INTRANTS ENERGETIQUES ET MATERIELS, EMISSIONS SPECIFIQUES

K.2.2.1 Données collectées

Les régénérateurs ont été interrogés sur les aspects suivants :

- Le bilan massique des entrants et le bilan massique des différentes fractions sortantes de leur installation ;
- Leurs consommations d'énergie par type de sources pour le fonctionnement des équipements de process et les engins ;
- Leurs autres intrants matériels ;
- Leurs émissions atmosphériques et les rejets vers l'eau ;
- Leurs déchets et leurs modes d'élimination ou de valorisation.

Les régénérateurs réceptionnant des déchets entrants en provenance de différentes origines sectorielles et géographiques (cf. Tableau 8), seules des données globalisées à l'échelle de ces différents approvisionnements ont été recueillies.

De plus, la collecte des données a été organisée en sollicitant ces informations pour les trois blocs de process présentés en Figure 5, à savoir :

- Bloc 1 : les étapes successives depuis la réception des déchets entrants jusqu'à l'obtention des broyés non sur-triés
- Bloc 2 : les étapes de sur-tri éventuelles permettant de séparer les polymères pré-triés entre eux
- Bloc 3 : les étapes de formulation – extrusion – granulation

Cette segmentation a été nécessaire pour les raisons rappelées ci-après :

- Nécessité de gérer les enjeux d'affectation entre « co-produits » sortants (cf. section I.1 du présent rapport), certains d'entre eux étant uniquement concernés par le bloc 1 ;
- Nécessité de tenir compte du fait que certains régénérateurs commercialisent tout ou partie de leur production sous forme de broyés. Ainsi, des broyés sortants du bloc 1 peuvent ne pas être orientés vers des étapes de surtri ou vers des étapes de formulation - extrusion-granulation (cf. section E.2 du présent rapport)

Le tableau ci-dessous présente la nature des intrants et des sortants ayant été pris en compte car déclarés par *a minima* un des régénérateurs de l'échantillon.

Les données quantitatives transmises par les régénérateurs étant confidentielles, celles-ci ne sont pas restituées dans le présent rapport.

Données d'activité pertinentes	Commentaires
Intrants énergétiques	
Electricité	
Gaz naturel	Etapes de séchage notamment
Diesel ou fioul	Fonctionnement des engins de manutention
GPL	Fonctionnement des engins de manutention
Intrants matériels	
Eau potable, eau industrielle	Ex : bains densimétriques, refroidissement des granulés en sortie d'extrusion
Consommables pour bains densimétriques	Ex : sels, carbonate de calcium
Floculant	Traitement des eaux industrielles, polymère cationique
Couteaux pour broyeurs	Pièces d'usures, en acier inoxydable
Filtres en acier	Filtration des poussières notamment
Additifs de formulation : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peroxydes ▪ Mélange maître (avec colorants) ▪ Modificateur d'impacts (PS uniquement) 	Etape formulation des plastiques recyclés Colorants de types noirs de carbone ou dioxyde de titane (blanc) Modificateur d'impacts type SBS
Déchets, émissions, rejets dont la fin de vie est à affecter aux sortants de l'étape	
[Air] – Poussières sèches	
[Air] – Composés organiques volatils	Bloc de process à l'origine de ces émissions : Etapes de formulation – extrusion – granulation
[Eau] – Eaux usées	
[Déchets] – Boues de traitement des eaux	Seule la quote-part des boues résultant des consommables ajoutés lors du process et de l'eau est considérée.
[Déchets] – Résidus de filtration	Bloc de process à l'origine de ces déchets: Etapes de formulation – extrusion – granulation
[Déchets] – Condensats	

TABLEAU 10 – REGENERATION : DONNEES COLLECTEES RELATIVES AUX INTRANTS ET SORTANTS

Les flux de déchets détaillés dans le Tableau 10 correspondent aux déchets qui ont été considérés comme des « charges » dont la fin de vie doit être comptabilisée et affectées aux sortants concernés (cf. Tableau 3). En ce qui concerne les déchets du bloc 1, seule la proportion des boues résultant des consommables ajoutés lors du process (ex : floculant, carbonate de calcium, eau) est comptabilisée en charge. En effet, les autres constituants des boues de traitement des bains densimétriques correspondent à des matériaux d'ores et déjà présents dans les déchets entrants.

Précisons également que dans le cas du PS, un ratio « standardisé » d'additifs de type modificateurs d'impacts a été considéré, soit un taux de 2% par granulés produits, plutôt que les données des régénérateurs qui peuvent correspondre à un profil moyen de granulés (mix entre des granulés avec et sans modificateurs d'impact).

Points d'attention :

Comme précisé précédemment, les données ont été demandées par bloc de process. Toutefois, les régénérateurs ne disposent pas systématiquement de données portant spécifiquement sur chacun des blocs (ex : régénérateur connaissant uniquement la consommation d'électricité globale de son installation).

Dans ce contexte, certains régénérateurs ont été en capacité d'établir des clés d'affectation permettant de répartir les intrants énergétiques, les intrants matériels ou les sortants entre les différents blocs de process.

Un des régénérateurs n'a pas été en mesure de distinguer les différents blocs, sachant que cet industriel produit systématiquement des plastiques recyclés sous la forme de granulés. Dans ce contexte, il a été décidé de déroger aux règles d'affectation précédemment décrites. Ainsi, les intrants et sortants collectés pour ce régénérateur pour l'ensemble des blocs de process ont été affectés aux seuls plastiques recyclés produits.

K.2.2.2 Traitement des données manquantes et hypothèses additionnelles

Traitement des données manquantes

L'analyse des questionnaires transmis par les régénérateurs a mis en évidence l'absence de données ou l'absence de données exploitables pour certains des entrants ou des sortants des procédés de régénération. Selon les cas, ces données manquantes concernent un ou plusieurs régénérateurs.

Cela concerne plus particulièrement :

- Les poussières susceptibles d'être émises lors des premières étapes conduites en régénération (bloc 1) ;
- Les composés organiques volatils et les poussières susceptibles d'être émis lors des étapes de formulation-extrusion-granulation ;
- Les consommations de carburants des engins de manutention ;
- Les filières de gestion/élimination des condensats et des résidus de filtration ;
- Les volumes d'eaux usées.

Traitement des données manquantes		
Postes concernés	Nbre concerné	Hypothèses considérées
Intrants énergétiques		
Consommations de carburants des engins de manutention	1 sur 4	Approximation à partir des données collectées auprès des deux principaux régénérateurs
Déchets, émissions, rejets		
[Air] – Poussières sèches – Bloc 1	1 sur 1	Pas de base d'extrapolation disponible. Donnée restant manquante
[Air] – Poussières sèches et composés organiques volatils – Bloc 3	3 sur 4	Extrapolation à partir des ratios par tonne établis pour un des régénérateurs
[Eau] – Eaux usées – Qté & gestion	4 sur 4	Volume assimilé au volume d'eau propre consommée Traitement de type STEP municipale
[Déchets] – Résidus de filtration – Gestion	2 sur 4	Gestion assimilée à un envoi en incinération type UIOM
[Déchets] – Condensats – Qté	1 sur 2	Approximation via permis réglementaire

[Déchets] – Condensats – Gestion	2 sur 2	Gestion assimilée à un envoi en incinération type UIDD
----------------------------------	---------	--

TABLEAU 11 – REGENERATION : PRESENTATION DU TYPE DE DONNEES MANQUANTES ET DES APPROXIMATIONS REALISEES

Les échanges avec les régénérateurs ont également mis en évidence que certains consommables, utilisés en faibles quantités selon les retours des régénérateurs, n’ont pas été quantifiés et mentionnés dans les questionnaires de collecte de données.

Selon les régénérateurs, il peut par exemple s’agir d’huiles, de lubrifiants, de produits de dégraissage ou encore d’acides utilisés dans le nettoyage des surfaces. Pour ces consommables, pour lesquels nous ne disposons pas d’ordre de grandeur, il n’a pas été réalisé d’extrapolations. Ils sont donc, de fait, négligés et exclus de l’évaluation.

Il convient par ailleurs de souligner que les possibles enjeux associés aux rejets dans l’environnement de micro-plastiques ou de nano-plastiques, y compris par l’intermédiaire des eaux n’ont pas été pris en compte :

- par manque de données de premier plan ;
- par manque de méthodes de caractérisation opérationnelles permettant de rendre compte de l’impact de ces flux sur les écosystèmes.

K.3 HYPOTHESES ADDITIONNELLES ET INVENTAIRES D’ARRIERE-PLAN

Les différents inventaires exploités pour modéliser les intrants énergétiques ou matériels ainsi que les modes de traitement des déchets sont présentés ci-après. Ces inventaires sont issus d’*ecoinvent V3.4 –allocation, cut-off* ou des *Industry data* (données *PlasticsEurope* pour les plastiques vierges) tels que mis à disposition sous *Simapro*.

K.3.1 INTRANTS ENERGETIQUES DES ETAPES DE REGENERATION

Les inventaires relatifs à la production d’électricité sont présentés en I.3 et ne sont pas rappelés ci-après.

Intrants énergétiques	Inventaires ecoinvent v3.4
Gaz naturel - combustion	Heat, district or industrial, natural gas {RER} Market group for Cut-off, U
Diesel ou fioul - combustion	Dérivé de Excavation, skid-steer loader {RER} processing Cut-off, U
GPL - combustion	Dérivé de Propane, Burned in building machine {GLO} propane, burned in building machine Cut-off, U

TABLEAU 12 – REGENERATION - INTRANTS ENERGETIQUES : INVENTAIRES D’ARRIERE-PLAN UTILISES

K.3.2 INTRANTS MATERIELS DES ETAPES DE REGENERATION

En ce qui concerne les additifs ajoutés lors de la formulation ou d’autres consommables utilisés dans le process de régénération des plastiques, il a été nécessaire d’établir des hypothèses additionnelles dans la mesure où nous ne disposons pas d’information sur la nature ou la composition exacte de ces intrants.

Ces hypothèses, formulées par Bleu Safran, constituent donc des approximations. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

Dans le cas des mélanges maîtres couleur, quelques recherches internet portant sur des brevets de préparation de ces additifs ont montré que les fourchettes de teneurs en colorant peuvent être assez larges : 10%-65%, 30%-85%, 20%-50% par exemple. En l’absence de données plus précises, nous avons retenu une valeur arbitraire de 25%.

Postes concernés	Composition hypothétique
Mélange maître – colorant noir pour PP	25% de noir de carbone et 75% de PP vierge
Mélange maître – colorant noir pour ABS	25% de noir de carbone et 75% d'ABS vierge
Mélange maître – colorant blanc pour PS	25% de dioxyde de titane et 75% de PS vierge
Peroxydes	Peroxyde de dialkyle
Floculant	Floculant de type polymère cationique (d'après information transmise par le régénérateur)

TABLEAU 13 – REGENERATION : HYPOTHESES COMPLEMENTAIRES QUANT A LA COMPOSITION POSSIBLE DE CERTAINS INTRANTS MATERIELS

Ainsi, les inventaires d'arrière-plan suivants ont été utilisés. En ce qui concerne les matériaux, le choix a été fait de retenir – lorsqu'ils existent – les inventaires de type « market for », ceux-ci intégrant des mix d'approvisionnement ainsi que des distances de transport génériques.

Intrants matériels	Inventaires ecoinvent v3.4 (ou PlasticsEurope)	
Eau potable		Tap water {Europe without Switzerland} tap water production, conventional treatment Cut-off, U
Eau industrielle	Proxy	Water, decarbonised, at user {RER} water production and supply, decarbonised Cut-off, U
Carbonate de calcium		Calcium carbonate, precipitated {GLO} market for calcium carbonate, precipitated Cut-off, U
NaCl		Sodium chloride, powder {GLO} market for Cut-off, U
Floculant	Proxy	Polyacrylamide {GLO} market for Cut-off, U
Couteaux pour broyeurs / acier inox	Proxy	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U +Sheet rolling, chromium steel {GLO} market for Cut-off, U +Chromium steel removed by milling, dressing {GLO} market for Cut-off, U
Filtres en acier		Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U +Sheet rolling, steel {GLO} market for Cut-off, U +Steel removed by drilling, conventional {GLO} market for Cut-off, U
Mélange maître – colorant noir pour PP	Proxy	25 % Carbon black {GLO} market for Cut-off, U 75 % Polypropylene, PP, granulate, at plant/RER (PlasticsEurope)
Mélange maître – colorant noir pour ABS	Proxy	25 % Carbon black {GLO} market for Cut-off, U 75 % Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)/EU-27 (PlasticsEurope)
Mélange maître – colorant blanc pour PS	Proxy	25 % Titanium dioxide {RER} market for Cut-off, U 75 % Polystyrene granulate (PS)/EU-27 (PlasticsEurope)
Peroxydes	Proxy	2,5-dimethylhexane-2,5-dihydroperoxide {GLO} market for 2,5-dimethylhexane-2,5-dihydroperoxide Cut-off, U
Modificateur d'impact (SBS)	Proxy	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)/EU-27 (PlasticsEurope) car pas d'inventaire générique disponible pour le SBS

TABLEAU 14 – REGENERATION - INTRANTS MATERIELS : INVENTAIRES D'ARRIERE-PLAN UTILISES

K.3.3 TRAITEMENT DES DECHETS

Les inventaires d'arrière-plan mis en œuvre pour modéliser la fin de vie des déchets et des eaux usées sont présentés ci-après.

Pour les déchets ayant un pouvoir calorifique et qui sont orientés en incinération avec valorisation énergétique (production d'électricité / vapeur), une approximation des impacts évités grâce aux énergies valorisées a été réalisée. Les performances des incinérateurs de type UIOM établies pour la France sont également considérées en tant que proxy pour les autres implantations géographiques

confidentiel

Déchets et rejets		Inventaires ecoinvent v3.4
[Eau] – Eaux usées	STEP	Dérivé de Wastewater, average {CH} treatment of, capacity 1.1E10l/year Cut-off, U en remplaçant le mix électrique par le mix du pays de localisation du régénérateur
[Déchets] – Boues	ISDND	Prise en compte des seuls matériaux comptabilisés en charges pour le régénérateur concerné : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inert waste {Europe without Switzerland} treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U pour modéliser les consommables pour bain densimétrique ▪ Aucun impact n'est associé à la quantité d'eau des boues (simplification)
[Déchets] – Boues	UIOM avec VE	Combinaison des seuls matériaux comptabilisés en charges pour le régénérateur concerné : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Waste plastic, mixture { Europe without Switzerland } treatment of, municipal incineration Cut-off, U pour modéliser les consommables ▪ Waste glass {Europe without Switzerland} treatment of waste glass, municipal incineration Cut-off, U ▪ Aucun impact associé à la quantité d'eau des boues (simplification) Evité : basé sur performance de valorisation énergétique des UIOM en France*, sur un PCI brut calculé en tenant compte de la proportion d'eau et sur électricité du pays du régénérateur
[Déchets] – Résidus de filtration	UIOM avec VE	Waste plastic, consumer electronics {RoW} treatment of, municipal incineration Cut-off, U, adapté** Evité : basée sur performance de valorisation énergétique des UIOM en France*, sur un PCI déchets de 33 MJ/kg brut et sur électricité du pays du régénérateur
[Déchets] – Condensats	UIDD	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} treatment of hazardous waste, hazardous waste incin. Cut-off, U

* Données (quantités et profils des énergies évitées) précédemment établies dans le cadre des ICV de fin de vie des DEEE, d'après données ITOM de l'ADEME

**cet inventaire ecoinvent portant sur les plastiques présents dans les DEEE, il considère la présence d'antimoine (le trioxyde d'antimoine est un synergiste des retardateurs de flamme bromés historiquement utilisés) dans le gisement entrant en incinération et prend donc en compte des émissions d'antimoine vers l'air et vers l'eau. Les résidus de filtration étant issus de plastiques « non bromés » obtenus après séparation des plastiques contenant des RFB, cet inventaire a été adapté de façon à supprimer les flux d'antimoine émis vers l'environnement.

TABLEAU 15 – REGENERATION - DECHETS ET REJETS : INVENTAIRES D'ARRIERE-PLAN UTILISES

K.3.4 EMISSIONS VERS L'AIR

S'agissant des rejets atmosphériques, leur nature exacte n'est pas connue des régénérateurs. Des hypothèses ont donc été formulées par Bleu Safran. Ceci constitue une simplification.

Emissions ou rejets concernés	Composition hypothétique – Flux élémentaire
[Air] – Poussières sèches	Ces poussières ont été assimilées à des particules < 2,5 microns. Il s’agit possiblement d’une hypothèse majorante.
[Air] – Composés organiques volatils	Ces composés ont été assimilés à une émission d’acétaldéhyde Il s’agit possiblement d’une hypothèse majorante.

TABLEAU 16 – REGENERATION - EMISSIONS VERS L’AIR : HYPOTHESES POUR LE CHOIX DES FLUX EMIS

Dans le cas des COV, des travaux menés par l’INRS¹⁶ permettent d’identifier la nature des composés de dégradation de matrices plastiques, notamment le PS, le PP et l’ABS, pour différentes températures et mettent en évidence que de nombreux composés sont susceptibles d’être émis lorsque les plastiques sont soumis à des plages de températures allant de 200°C à 250°C : aldéhydes, alcools, cétones, hydrocarbures aromatiques, etc.

En revanche, les publications de l’INRS ne permettent pas de connaître l’importance relative des composés émis pour les plages de températures représentatives des températures d’extrusion mises en œuvre pour la production des plastiques recyclés.

Dans ce contexte, notre choix a été de procéder à une modélisation simplifiée en assimilant la quantité de COV au profil d’un COV commun aux trois plastiques étudiés et pour lequel le facteur de caractérisation pour la formation d’ozone photochimique¹⁷ se situe dans la fourchette haute des valeurs individuelles des COV pouvant être émis lors de l’extrusion. Ce choix a donc conduit à retenir l’acétaldéhyde et peut être considéré comme majorant.

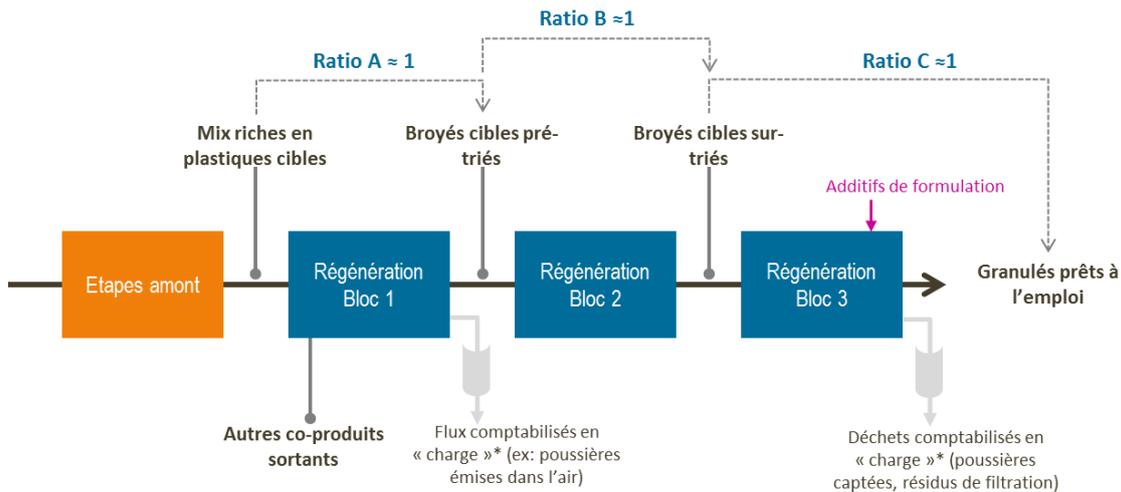
K.4 RATIOS MASSIQUES CONSIDERES POUR LE BRANCHEMENT DES BLOCS D’ETAPES SUCCESSIFS DE LA CHAINE DU RECYCLAGE

Les données recueillies ont également permis d’établir les ratios massiques permettant de mobiliser les quantités appropriées entre les différents blocs modélisés pour évaluer la chaîne du recyclage.

Le schéma ci-après positionne les ratios massiques qui sont à considérer et rappelle les entrants et les sortants à chaque bloc d’étapes susceptibles d’influencer le calcul de ces ratios.

¹⁶ Voir : http://www.inrs.fr/publications/bdd/plastiques/polymere.html?refINRS=PLASTIQUES_polymere_22§ion=risques

¹⁷ Selon la méthode LOTOS-EUROS (Van Zelm et al, 2008) implémentée dans ReCiPe 2008 et recommandée au niveau européen pour les empreintes environnementales produits (PEF)



* Les « charges » sont affectées entre les sortants (flux « plastiques cibles ») et autres flux considérés comme des « co-produits » d'un bloc)

FIGURE 11 – BRANCHEMENT DES BLOCS SUCCESSIFS DE PROCESS : RATIOS MASSIQUES CONSIDERES

- **Ratio C : broyés cibles sur-triés / granulés prêts à l'emploi**
Une partie des broyés entrants dans le bloc « formulation-extrusion-granulation » va être perdue sous la forme de déchets (résidus de filtration principalement), ce taux pouvant être de l'ordre de 2 à 3%. Lors de la formulation, des additifs vont être ajoutés aux plastiques recyclés afin d'améliorer leurs propriétés. Selon les plastiques et les régénérateurs, le taux d'additifs considéré pour ces travaux peut varier entre 2% et 4% environ. Ces deux effets étant de nature à se compenser, un ratio massique de 1 a été pris en compte entre les blocs 3 et 2 de la régénération.
- **Ratio B : broyés cibles pré-triés / broyés cibles sur-triés**
Les étapes de sur-tri ayant pour objectifs de séparer des plastiques cibles entre eux (ex : séparation PS/ABS), il y a peu de perte de matière lors de ces étapes. Ainsi, un ratio massique de 1 a été pris en compte entre les blocs 2 et 1 de la régénération.
- **Ratio A : Entrant en régénération / broyés cibles pré-triés**
Ont été considérées comme des charges à répartir entre les co-produits sortants du bloc 1, les émissions de poussières vers l'air, les eaux usées post prétraitement ainsi que les boues résultant des consommables du process (flux ne résultant pas de l'entrant). Sur le principe, outre le devenir de ces charges, les co-produits sortants se voient également affecter leurs étapes amont. En pratique, la proportion des déchets entrants se retrouvant dans les charges est marginale. Ainsi, le ratio massique entre les étapes amont à la régénération et le bloc 1 de la régénération a été considéré comme égal à 1.

K.5 EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES ET ADEQUATION AUX EXIGENCES

Les données de premier plan et d'arrière-plan prises en compte pour la modélisation des différentes étapes de la chaîne du recyclage conduisant à la production de plastiques recyclés ont été évaluées – à dire d'expert – en considérant quatre critères d'évaluation attendus par la norme ISO 14044 : 2006 et une échelle d'évaluation à 5 niveaux :

- Critères :
 - Représentativité géographique (GR) ;
 - Représentativité temporelle (TiR) ;
 - Représentativité technologique (TeR) ;

- Précision (P), afin de rendre compte des incertitudes.
- Echelle d'évaluation de la qualité :
 - 1 : très bonne
 - 2 : bonne
 - 3 : correcte
 - 4 : passable
 - 5 : mauvaise

Le tableau ci-après restitue notre évaluation de la qualité des données pour les principaux types de données mobilisés pour établir les trois ICV moyens concernés par ce projet.

Clés de pondération pour établir les ICV moyens

DA : données d'activité ; ICV : inventaire d'arrière-plan

		Critères évalués				Remarques et points d'attention
		GR	TiR	TeR	P	
Clés de pondération pour établir les ICV moyens						
Pondération des étapes amont (flux de DEEE) pour chacun des polymères	DA	1	2	3	4	La clé utilisée présente des incertitudes non négligeables en raison des hypothèses qui ont été faites en ce qui concerne la présence de plastiques cibles (non ou peu chargés) dans les différents flux de DEEE et leur taux d'orientation vers la régénération. Les impacts des étapes amont varient en effet en fonction des flux de DEEE (profil plus élevé pour le GEMF, les autres flux étant dans une fourchette plus resserrée). Les profils moyens sont donc sensibles à la contribution considérée pour le GEMF.
Pondération des régénérateurs pour chacun des polymères	DA	4	2	3	4	La clé utilisée présente des incertitudes non négligeables (P=4). Par ailleurs, il convient de garder en tête les approximations faites pour les régénérateurs extrapolés (mix électrique Europe) alors même que les mix électriques varient sensiblement d'un pays européen à un autre (GR=4) Plusieurs régénérateurs de l'échantillon étant des acteurs reconnus pour leur capacité à traiter des mix plastiques complexes, leurs profils nous paraissent adaptés pour établir les profils de régénération extrapolés (TeR=3)

TABLEAU 17 – EVALUATION DE LA QUALITE – CLES DE PONDERATION POUR ETABLIR DES ICV MOYENS

Etapes amont par type de flux de DEEE

Le tableau ci-dessous propose une évaluation synthétique par flux de DEEE ménagers. Une évaluation plus détaillée par étapes est présentée dans la synthèse méthodologique relative aux ICV de fin de vie des DEEE.

DA : données d'activité ; ICV : inventaire d'arrière-plan

		Critères évalués				Remarques et points d'attention
		GR	TiR	TeR	P	
Etapes amont – De la collecte aux opérations de rang 2						
Pour les flux ménagers : – GEMF – GEMHF – PAM – Ecrans plats	DA Et ICV	1-2	1-2	1-2	1-2 (4)	Les évaluations (=1) sont relatives aux étapes de collecte & regroupement ainsi qu'aux opérateurs de rang 1 Les opérations de rang 2 sont évaluées (=2) La représentativité temporelle reste élevée bien que les données collectées soient relatives à la période 2014-2015, en raison de la maturité d'organisation de ces flux. Evaluation P=(4) : cas particulier des émissions de poussières (granulométrie non connue).
Ecrans CRT	DA Et ICV	2	3	3	4	Les écrans CRT n'ayant pas été étudiés lors des travaux préexistants, leur modélisation a été faite en utilisant le profil établi pour les écrans plats. Pour cette raison, les critères d'évaluation ont été dégradés d'un niveau.

TABLEAU 18 – EVALUATION DE LA QUALITE – ETAPES AMONT A LA REGENERATION PAR FLUX DE DEEE MENAGERS

Régénération

L'évaluation des activités de régénération a été déclinée pour chacun des trois grands blocs de process.

DA : données d'activité ; ICV : inventaire d'arrière-plan ; FE : flux élémentaires

		Critères évalués				Remarques et points d'attention
		GR	TiR	TeR	P	
Régénération – Bloc 1 : séparation des matériaux des mix entrants et obtention de broyés pré-triés						
Intrants énergétiques (électricité, gaz naturel, carburants...)	DA	2	1	1	2 à 4 Selon régé	La nature des intrants énergétiques a été identifiée de manière satisfaisante chez les régénérateurs. La précision des données obtenues est toutefois tributaire de la capacité des régénérateurs à « affecter » leurs intrants entre les différents blocs de process et des clés d'affectation qu'ils ont considérées dans la mesure où ceux-ci disposent généralement de données globalisées à l'échelle de l'ensemble de leur site. Pour cette raison, l'évaluation varie selon les régénérateurs.
	ICV	2	3	3	3	S'agissant d'ICV génériques moyens issus d'ecoinvent v3.4 (utilisés pour représenter la production d'électricité, la combustion des combustibles fossiles), une évaluation « 3 » nous semble appropriée.

Intrants matériels (eau, consommables pour bains, floculant...)	DA	2	1	3	2 à 4	Comme pour les intrants énergétiques, la précision des données de consommation de certains intrants matériels est tributaire des clés d'affectation.
	ICV	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	Pour les consommables, il a été utilisé des ICV génériques (=3), voir des proxy (= 4)
Déchets comptabilisés en charge (boues)	DA	1	1	2 à 4	2 à 4	Des imprécisions peuvent concerner la composition de ces déchets (y compris leur teneur en eau), leur mode d'élimination (cf. traitement des données manquantes), leur PCI (cas des déchets envoyés en incinération avec VE). Un autre point d'attention concernant les quantités porte sur le fait que seules des données globales, tous types de déchets entrants, étaient accessibles. Ainsi, les données utilisées se rapportent aux mix des déchets entrants chez les régénérateurs et pas seulement aux mix issus de DEEE.
	ICV	4	4	4	4 (5)	Des modèles dérivés d'ICV génériques disponibles dans ecoinvent v3.4 ont été utilisés pour modéliser le traitement en incinération, l'enfouissement ou le traitement des eaux usées (=4). Evaluation P=(5) : cas particulier des flux considérés dans les ICV génériques et pouvant contribuer aux impacts tels que l'écotoxicité et la toxicité humaine. Ceux-ci sont très probablement non représentatifs des déchets issus de la régénération (ex : possible prise en compte de composés ou polluants non présents dans ces déchets).
Emissions directes vers l'environnement	DA	-	-	-	5	Ces émissions vers l'environnement se sont révélées peu ou pas connues en termes de flux annuels. Les paramètres pouvant être suivis portent davantage sur les atmosphères de travail que sur les rejets vers l'environnement chez ces industriels qui sont des PME
	FE	-	-	-	5	Dans le cas des poussières, l'absence de données sur leur composition ne permet pas de choisir avec un bon niveau de confort les flux élémentaires les plus pertinents, sachant que les méthodes de caractérisation ont également leurs limites.

TABLEAU 19 – EVALUATION DE LA QUALITE – BLOC 1 DE LA REGENERATION

DA : données d'activité ; ICV : inventaire d'arrière-plan ; FE : flux élémentaires

		Critères évalués				Remarques et points d'attention
		GR	TiR	TeR	P	
Régénération – Bloc 2 : procédés de sur-tri des broyés						
Intrants énergétiques (électricité, gaz naturel, carburants...)	DA	2	1	1	3	Les données découlent des clés d'affectation des régénérateurs ou de calculs estimatifs établis par leurs soins (ex : basés sur puissance nominale des équipements, rendement horaire, facteur pour tenir compte de la puissance moyenne appelée).

						La précision est donc globalement évaluée comme étant correcte.
	ICV	2	3	3	3	S'agissant d'ICV génériques moyens issus d'ecoinvent v3.4 (utilisés pour représenter la production d'électricité, la combustion des combustibles fossiles), une évaluation « 3 » nous semble appropriée.
Intrants matériels	Pas ou peu d'intrants matériels pour ces étapes					
Déchets comptabilisés en charge	Pas ou peu de déchets pour ces étapes, à l'exception de faibles quantités de poussières sèches					
Emissions directes vers l'environnement	Pas ou peu d'émissions vers l'air, à l'exception éventuelle de poussières non captées mais qui ne sont pas quantifiées					

TABLEAU 20 – EVALUATION DE LA QUALITE – BLOC 2 DE LA REGENERATION (SUR-TRI DES BROYES)

DA : données d'activité ; ICV : inventaire d'arrière-plan ; FE : flux élémentaires

		Critères évalués				Remarques et points d'attention
		GR	TiR	TeR	P	
Régénération – Bloc 3 : étapes de formulation – extrusion - Granulation						
Intrants énergétiques (électricité, carburants...)	DA	2 à 4 selon PP, PS, ABS	2	3	2 à 4 Selon régé	<p>La représentativité et la précision dépendent :</p> <ul style="list-style-type: none"> des polymères étudiés car il a fallu considérer une étape extrapolée lorsque les régénérateurs s'arrêtent aux broyés et ne vont pas jusqu'aux granulés (prise en compte d'une localisation moyenne Europe) des modalités d'obtention des données quantitatives (ex : clé d'affectation, extrapolation). <p>Au final, les incertitudes sur la représentativité géographique (aspect important en raison du profil de production de l'électricité consommée) sont les plus importantes pour l'ABS (localisation «Europe » = 94%), puis le PS (localisation «Europe » = 65%), puis le PP (localisation «Europe » = 57%).</p>
	ICV	2	3	3	3	S'agissant d'ICV génériques moyens issus d'ecoinvent v3.4 (utilisés pour représenter la production d'électricité, la combustion des combustibles fossiles), une évaluation « 3 » nous semble appropriée.
Additifs pour la formulation (mélange maître couleur, modificateur d'impacts)	DA	2	2	3	3	<p>Pour le modificateur d'impacts du PS, une teneur « standardisée » de 2% a été prise en compte.</p> <p>S'agissant des mélanges maîtres, il s'agit le plus souvent de teneurs moyennes à l'échelle de l'ensemble des granulés produits par un régénérateur.</p> <p>Peu de détails étaient disponibles quant à la composition des additifs de type mélange maître.</p>

	ICV	4	4	4	4	Il a été utilisé des compositions hypothétiques et proxy (= 4)
Déchets comptabilisés en charge (résidus de filtration, condensats...)	DA	1	1	2 à 4	2 à 3	Les quantités moyennes de déchets se rapportent généralement à l'ensemble des granulés produits par le régénérateur et pas uniquement à ceux issus de DEEE (différenciation non possible). Pour ces étapes, les ratios de déchets restent toutefois assez proches d'un régénérateur à un autre. Des imprécisions peuvent concerner la composition de ces déchets, leur mode d'élimination (cf. traitement des données manquantes), leur PCI (cas des déchets envoyés en incinération avec VE).
	ICV	4	4	4	4 (5)	Des modèles dérivés d'ICV génériques disponibles dans ecoinvent v3.4 ont été utilisés pour modéliser le traitement en incinération, l'enfouissement ou le traitement des eaux usées (=4). Evaluation P=(4) : cas particulier des flux considérés dans les ICV génériques et pouvant contribuer aux impacts tels que l'écotoxicité et la toxicité humaine. Ceux-ci sont très probablement non représentatifs des déchets issus de la régénération (ex : possible prise en compte de composés ou polluants non présents dans ces déchets).
Emissions directes vers l'environnement (COV, poussières)	DA	-	-	-	5	Ces émissions vers l'environnement se sont révélées peu ou pas connues en termes de flux annuels. Les paramètres pouvant être suivis portent davantage sur les atmosphères de travail que les rejets vers l'environnement chez ces industriels qui sont des PME
	FE	-	-	-	5	Dans le cas des poussières et des COV, l'absence de données sur leur composition ne permet pas de choisir avec un bon niveau de confort les flux élémentaires les plus pertinents, sachant que les méthodes de caractérisation ont également leurs limites.

TABLEAU 21 – EVALUATION DE LA QUALITE – BLOC 3 DE LA REGENERATION (FORMULATION – EXTRUSION – GRANULATION)

Concernant les enjeux de consistance et de complétude – qui sont transversaux –, ceux-ci ont été gérés dans le cadre du projet au travers des aspects suivants :

Consistance :

- Utilisation d'une base de données génériques identique à celle mobilisée pour établir les ICV de fin des EEE à partir desquels les étapes amont de la chaîne du recyclage ont été modélisées.
- Mise en œuvre d'une démarche homogène :
 - de collecte des données auprès des régénérateurs
 - de traitement des données manquantes
 - de traitement des enjeux de multifonctionnalité, et donc d'affectation
 - de modélisation dans SIMAPRO : utilisation d'une bibliothèque transversale de données d'arrière-plan pour les travaux dédiés aux DEEE, modélisation paramétrée avec une fiche de modélisation construite de la même façon pour tous les régénérateurs

Complétude :

- Identification et modélisation de toutes les étapes successives de la chaîne du recyclage des plastiques recyclés étudiés.
- Limitations des exclusions et des critères de coupures volontaires.
- Recours à des extrapolations pour améliorer le taux de couverture des travaux au-delà des seuls régénérateurs ayant participé à la collecte des données.
- Identification des données manquantes (entrants/sortants) chez les régénérateurs et mise en œuvre d'une démarche organisée de traitement des données manquantes à chaque fois que cela était possible.

LIMITES DES TRAVAUX

L. PRINCIPALES LIMITES

Les limites décrites ci-après méritent d'être portées à l'attention des futurs utilisateurs de ces inventaires, ces derniers étant encouragés à les prendre en considération dans le cadre de leurs propres travaux.

Limites inhérentes aux extrapolations réalisées pour répondre aux objectifs des travaux

Rappelons que l'objectif des travaux était d'établir des ICV pour des plastiques recyclés pouvant être utilisés par des producteurs d'EEE, ces ICV ayant vocation à être utilisés dans des projets d'éco-conception. De ce fait, il était nécessaire de considérer que ces plastiques recyclés sont des granulés produits après formulation, des formats « broyés » n'étant pas adaptés à une utilisation directe par les producteurs d'EEE.

Or, à date, les régénérateurs ayant participé aux travaux peuvent produire et commercialiser tout ou partie de leur production sous forme de broyés, ceux-ci pouvant avoir des débouchés variés (utilisation directe dans des domaines d'applications autres que les EEE, compounders, etc.).

Il a donc parfois été nécessaire de se « projeter » en simulant une étape complémentaire de formulation-extrusion-granulation lorsque celle-ci était absente pour une résine donnée d'un régénérateur donné. Cette simulation d'étape complémentaire a été faite en considérant systématiquement un profil de production d'électricité correspondant à la moyenne européenne. Ceci constitue une hypothèse incidente pour les résultats, en raison des besoins énergétiques des étapes de formulation-extrusion-granulation (plus élevés que ceux des étapes précédentes de régénération).

Un second type d'extrapolation a consisté à inclure dans le périmètre de modélisation les régénérateurs non inclus dans l'échantillon, ceux-ci pouvant avoir une implantation géographique différente de ceux de l'échantillon **confidentiel**. Cette extrapolation a été motivée par le souhait de ne pas « surpondérer » le profil électrique de la France pour ces ICV devant être représentatifs de plastiques recyclés issus des DEEE collectés en France mais régénérés en France ou dans le reste de l'Europe.

Ceci a été fait en considérant systématiquement un profil de production d'électricité correspondant à la moyenne européenne. Toutefois, la connaissance précise des profils électriques consommés par les régénérateurs non inclus dans l'échantillon pourrait conduire à un mix électrique moyen de ces régénérateurs qui soit différent du mix électrique européen.

L'incidence de ces extrapolations quant au profil de production de l'électricité est différente d'un plastique recyclé à un autre, comme cela est rappelé ci-après :

Plastiques recyclés - application boucle fermée EEE	Régénération : poids du profil électrique « Europe »		
	Bloc 1	Bloc 2 (sur-tri)	Bloc 3 (extrus – granul.)
Granulés PP	50%	50%	57%
Granulés PS	49%	49%	65%
Granulés ABS	40%	40%	94%

TABLEAU 22 – REGENERATION - PROFIL DE PRODUCTION ELECTRIQUE : CONTRIBUTION DU PROFIL ELECTRIQUE MOYEN EUROPE (EXTRAPOLATIONS)

Limites inhérentes aux clés d'affectation établies par les régénérateurs

Afin de répondre à la granulométrie des données à collecter (collecte par bloc d'étapes conduites en régénération), certains régénérateurs ont dû utiliser des clés d'affectation entre blocs lorsque les données mesurées étaient uniquement disponibles à l'échelle de l'ensemble de leur site. D'autres régénérateurs n'ont pas été en capacité de faire cette distinction ou ne l'ont faite que de manière partielle.

Ces situations sont à l'origine de sources d'imprécision dans les données recueillies, et constitue donc une limite des travaux.

Limites inhérentes aux inventaires d'arrière-plan des intrants matériels et des déchets

La modélisation des étapes de production des intrants matériels utilisés en régénération (dont additifs de formulation) s'est appuyée :

- sur un inventaire générique, lorsque l'intrant concerné disposait d'un inventaire dansecoinvent v3.4 (ou PlasticsEurope pour les polymères/élastomères) ;
- sur un proxy (inventaire générique d'une autre substance) lorsque l'intrant concerné ne disposait pas d'un inventaire dansecoinvent v3.4 (ou PlasticsEurope pour les polymères/élastomères).

La même situation a été rencontrée pour modéliser les étapes de gestion des déchets générés lors des étapes mises en œuvre par les régénérateurs.

Comme cela a été indiqué dans la section relative à la qualité des données, ces inventaires génériques sont susceptibles de représenter de manière imparfaite les impacts associés aux intrants et aux déchets spécifiques des activités de régénération.

M. POINTS D'ATTENTION AU REGARD DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX EVALUES EN ACV

Les points d'attention suivants, relatifs aux inventaires établis, méritent d'être formulés à travers une grille de lecture par type d'impacts susceptibles d'être évalués en ACV.

Catégories d'impact	Appréciation générale
Emissions de GES	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 considérée comme correcte.
Acidification	
Formation d'ozone photochimique	
Epuisement des ressources minérales ou fossiles	
Ressources en eau (indicateur de flux, sans régionalisation)	
Eutrophisation (divers indicateurs)	
Emissions de particules	Les limites découlent de la connaissance imparfaite des émissions de poussières pouvant avoir lieu lors des étapes

Catégories d'impact	Appréciation générale
	successives de la chaîne du recyclage. Les lacunes peuvent porter aussi bien sur leur quantification, leur granulométrie, que les compartiments d'émissions dans l'environnement.
Toxicité humaine	Des limites fortes découlent : <ul style="list-style-type: none"> – de la connaissance imparfaite des émissions directes (canalisées ou diffuses) de polluants, ayant un effet toxique ou écotoxique, pouvant avoir lieu lors des étapes successives de la chaîne du recyclage. – des inventaires génériques utilisés pour modéliser le traitement en fin de vie des déchets et des eaux usées des étapes de régénération, ces inventaires pouvant être basés sur des compositions et une présence de substances à enjeux n'étant pas représentatives des déchets spécifiques de ces activités.
Ecotoxicité	
Occupation des sols	Les infrastructures des opérateurs de la chaîne du recyclage ayant été exclues du périmètre des travaux, les inventaires établis ne permettent pas une quantification appropriée de cet impact.
Radiations ionisantes Destruction de la couche d'ozone	Les flux élémentaires participant à ces impacts sont exclusivement pilotés par les données d'arrière-plan prises en compte. Compte tenu des extrapolations et des approximations faites en ce qui concerne la localisation géographique de certaines opérations de régénération et de certains régénérateurs, cela est de nature à influencer sensiblement les résultats d'impacts pour ces indicateurs.

TABLEAU 23 – QUALITE GENERALE DES ICV PRODUITS AU REGARD DE DIFFERENTES CATEGORIES D'IMPACT

Rappelons également que les possibles enjeux associés aux rejets dans l'environnement de micro-plastiques ou de nano-plastiques, y compris par l'intermédiaire des eaux ne peuvent pas être pris en compte :

- par manque de données de premier plan ;
- par manque de méthodes de caractérisation opérationnelles permettant de rendre compte de l'impact de ces flux sur les écosystèmes.

N. PRECAUTIONS D'UTILISATION DE CES ICV

Nous encourageons les futurs utilisateurs de ces ICV à se renseigner sur l'origine du plastique recyclé qu'ils souhaitent modéliser et ainsi vérifier si les présents ICV sont adaptés ou non pour représenter leur contexte d'évaluation.

Il est également important de rappeler que les seuls additifs pris en compte dans le cadre de ces ICV sont les mélanges maîtres couleur (masterbatch) et un modificateur d'impact dans le cas du PS. Si les futurs utilisateurs de ces ICV mettent en œuvre des plastiques recyclés intégrant d'autres additifs (ex : retardateurs de flamme, anti-oxydant), il leur appartient de procéder par eux-mêmes à ce complément de modélisation.

RESULTATS D'IMPACTS – DONNEES INDICATIVES

O. RESULTATS SYNTHETIQUES POUR LES METHODES DE CARACTERISATION RECOMMANDEES PAR LA METHODE EUROPEENNE PEF

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'impacts calculés pour les indicateurs midpoint recommandés dans le cadre de la méthode PEF (EF 2.0) tels qu'implémentés dans le logiciel SIMAPRO (EF method adapted, version 1.00).

Catégories d'impact – recommandations de la méthode PEF	Unités	PP recyclé	PS recyclé	ABS recyclé
		DEEE collectés en France, régénération EU		
		Pour 1 t	Pour 1 t	Pour 1 t
Climate change	kg CO ₂ eq	436	617	560
Photochemical ozone formation, HH	kg NMVOC eq	1,33	1,68	1,61
Acidification terrestrial and freshwater	mol H+ eq	2,04	3,13	2,80
Eutrophication freshwater	kg P eq	0,02	0,03	0,02
Eutrophication marine	kg N eq	0,45	0,60	0,56
Eutrophication terrestrial	mol N eq	5,37	7,13	6,84
Resource use, energy carriers	MJ	9467	12295	11009
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq	2,95E-04	2,84E-04	3,00E-04
Climate change - fossil	kg CO ₂ eq	434,9	615,4	558,7
Climate change - biogenic	kg CO ₂ eq	0,71	1,12	1,05
Climate change - land use and transform.	kg CO ₂ eq	0,26	0,36	0,40
Indicateurs pour lesquels des limites fortes dans la qualité des ICV sont à considérer par les utilisateurs				
<i>Ozone depletion</i>	<i>kg CFC11 eq</i>	<i>6,66E-05</i>	<i>7,04E-05</i>	<i>7,50E-05</i>
<i>Ionising radiation, HH</i>	<i>kBq U-235 eq</i>	<i>66,1</i>	<i>86,5</i>	<i>79,5</i>
<i>Respiratory inorganics</i>	<i>disease inc.</i>	<i>2,36E-05</i>	<i>2,46E-05</i>	<i>2,67E-05</i>
<i>Non-cancer human health effects</i>	<i>CTUh</i>	<i>4,89E-05</i>	<i>6,06E-05</i>	<i>6,16E-05</i>
<i>Cancer human health effects</i>	<i>CTUh</i>	<i>4,08E-06</i>	<i>5,43E-06</i>	<i>4,82E-06</i>
<i>Ecotoxicity freshwater</i>	<i>CTUe</i>	<i>606</i>	<i>663</i>	<i>695</i>
<i>Land use</i>	<i>Pt</i>	<i>1442</i>	<i>2290</i>	<i>2075</i>
<i>Water scarcity</i>	<i>m3 depriv.</i>	<i>102</i>	<i>241</i>	<i>154</i>

REVUE CRITIQUE

Délégation Régionale de Chambéry

4 rue du Lac Majeur – Savoie Technolac
BP 50295
73375 LE BOURGET DU LAC Cedex
chambery@amvalor.eu
☎ 04 79 26 26 93 - 📠 04 79 25 36 70
N° SIRET : 820 003 093 000 78

Date : 14 Décembre 2020

Demandeur : **ecosystem**
30-40 rue Henri Régault
92068 Paris La Défense Cedex

Dossier n° 1500217

**Revue critique du guide « ICV de production de plastiques recyclés (PP, PS, ABS) issus de DEEE
gérés en France et régénérés en Europe- Rapport méthodologique- V1.1-2 Octobre 2020"**

*- Rapport Final de Revue Critique
ISO 14 040 et ISO 14044
ILCD Data-Entry level*

Les travaux qui sont à l'origine de ce rapport ont été effectués en collaboration avec
Institut Arts et Métiers de Chambéry - Responsable Scientifique : Carole Charbuillet

REF : 01/ADM/LI/09/01 V10 du 01/09/2019



AMVALOR
151, Boulevard de l'Hôpital 75013 Paris
Tél. : +33(0)1 42 16 86 76
Fax : +33(0)1 42 16 92 13
Mail : adv@amvalor.eu

SAS au capital de 4 596 010 €
RCS PARIS 820003093
Code APE : 7219 Z
TVA CEE : FR 51820003093



SOMMAIRE :

1. INTRODUCTION	3
2. LES EXPERTS DE REVUE CRITIQUE	3
3. LE PROCESSUS DE LA REVUE CRITIQUE	4
4. COMMENTAIRES GENERAUX DE LA REVUE CRITIQUE	5
5. COMMENTAIRES DETAILLES	5
6. EVALUATION DE LA QUALITE DES DONNEES – ILCD DATA-ENTRY LEVEL	7
7. ANNEXE	10

1. Introduction

L'éco-organisme ecosystem (commanditaire de l'étude) a réalisé, par le biais de Bleu Safran, les ICV de trois résines plastiques recyclées issues de Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE). La création de ces ICV a nécessité plusieurs choix méthodologiques et arbitrages dans le choix des données et leur modélisation. Un guide méthodologique « ICV de production de plastiques recyclés (PP, PS, ABS) issus des plastiques de DEEE gérés en France et régénérés en Europe- V1.1) en date du 02 Octobre 2020, a été préparé. Cette réalisation fait suite au développement d'ICV de la gestion en fin de vie de matières contenues dans des DEEE, initié en 2015 ayant permis la création d'ICV des filières de traitement des DEEE au format ILCD et disponibles pour tout praticien souhaitant intégrer cette fin de vie dans son ACV. Ces premiers ICV incluaient toutes les destinations finales des matériaux mais ne contenaient pas, pour les matières plastiques, de données d'activité collectées directement auprès de régénérateurs de plastiques issus de DEEE. Les ICV proposés dans le guide précité prennent en compte toutes les étapes de la collecte des DEEE jusqu'à la production d'une matière plastique recyclée prête à l'emploi.

Afin d'assurer la conformité à l'ISO 14040 :2006 et ISO 14040 :2006 mais également l'adéquation avec les exigences de l'ILCD-Data Entry level, ecosystem a sollicité une revue critique du guide cité ci-dessus, guide destiné à être communiqué.

La revue critique a porté un focus particulier sur la modélisation des étapes mises en œuvre chez les régénérateurs, la collecte de données d'activité et les choix méthodologiques. En effet, les ICV de la fin de vie DEEE (étapes en amont de la régénération) ont déjà fait l'objet d'une revue critique en 2018 et les résultats de la revue du guide des ICV de la filière de traitement sont valables jusqu'en 2022.

Pour des raisons de confidentialité les experts de la revue critique n'ont pas eu accès au détail des données chiffrées utilisées dans la modélisation des ICV. Cependant, ils ont eu une présentation de la construction du modèle permettant le calcul des ICV ainsi que la présentation des documents de collecte des données d'activité des régénérateurs et du processus de collecte et la présentation des données d'arrière-plan.

La revue critique s'est centrée sur les choix méthodologiques pour la construction de l'ICV et la complétude des données. Ce rapport est le rapport final de revue critique rédigé sous la direction de Carole Charbuillet et Bertrand Laratte des Arts et Métiers. Il est destiné à être intégré à la version finale du guide méthodologique mais peut également être communiqué séparément.

2. Les experts de revue critique

Les experts ayant réalisé la revue critique sont externes à ecosystem et Bleu Safran et sont indépendants des travaux réalisés pour l'obtention des ICV. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Personnes	Organisme	Fonction / expertise	Rôle revue critique
Carole Charbuillet	Institut Arts et Métiers de Chambéry	Enseignante-Chercheure PhD en génie industriel Dipl. Master recherche INSA Lyon en polymères et composites Dipl. ing. INSA Lyon en science et génie des matériaux Expertise : matières plastiques, filières de recyclage, ACV des matières recyclées, éco-conception	Pilotage et rédaction du rapport de revue critique Revue critique du rapport
Bertrand Laratte	Arts et Métiers – Campus de Bordeaux	Enseignant-Chercheur PhD en Sciences pour l'ingénieur Dipl. Master UTT en Management de l'Environnement et du Développement Durable Dipl. Ing. UTT en Génie Industriel (Sûreté de Fonctionnement)	Revue Critique du rapport

		Expertise : ACV, MFA, indicateurs d'impact environnemental, écoconception	
--	--	---	--

Les compétences des experts couvrent à la fois une expertise sur la méthodologie d'ACV, la construction d'ICV mais également une expertise sur les filières de recyclage de matières plastiques.

Le guide faisant l'objet de cette revue critique ne concerne pas une ACV comparative entre les matières et les experts ont été choisis notamment pour vérifier la conformité des ICV avec l'ILCD Data-Entry level.

3. Le processus de la revue critique

Les experts de la revue critique ont suivi les recommandations de l'ISO 14040 :2006 et ISO 14044 :2006 concernant la revue critique.

Le processus de revue critique suivi a eu pour objectif de vérifier que :

- Les méthodes utilisées pour réaliser les ICV en vue de leur usage en ACV sont cohérentes avec les normes ISO 14040 :2006 et ISO 14044 :2006
- Les méthodes utilisées pour réaliser les ICV en vue de leur usage en ACV sont valables d'un point de vue scientifique et technique
- Les données utilisées sont appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude

Il permet également :

- Une évaluation de la cohérence interne du rapport, notamment la cohérence entre :
 - o les objectifs annoncés
 - o les données et la méthodologie
 - o les résultats obtenus et leur interprétation
- Une évaluation de la transparence du rapport

La revue critique s'est déroulée entre octobre et décembre 2020 selon les étapes suivantes :

- Présentation du contexte de l'étude et de ses objectifs lors de la réunion de lancement par ecosystem et Bleu Safran
- Réalisation de commentaires détaillés par les experts de revue critique sur les choix méthodologiques, les données et le guide.
- Réponses aux commentaires par Bleu Safran et ecosystem et modification du guide
- Clôture de la revue critique et Rédaction du rapport de revue critique

Pour des raisons de confidentialité, les données d'activité utilisées dans la modélisation des ICV n'ont pu être vérifiées ni testées. Cependant, la construction du modèle dans le logiciel d'ACV, l'interaction entre les données d'activité et d'arrière-plan et la procédure de collecte des données auprès des opérateurs ont été détaillés auprès des experts de la revue critique.

Le présent rapport de revue critique a été réalisé uniquement à partir de la version du guide en français référencé en introduction.

La RC comprend 90 commentaires correspondants aux domaines suivants : général, méthodologie, données, et édition (22 commentaires). Les commentaires ont été pris en compte par Bleu Safran et ecosystem et intégrés dans la version finale du guide. Cependant, pour assurer la confidentialité liée aux régénérateurs ayant fourni des données, ecosystem a fait le choix de masquer par un encart certaines parties du guide destiné à être communiqué. Il est important de noter que le processus de revue critique et notamment la vérification de la cohérence et de la transparence du rapport ont été effectués sur le guide complet.

Le présent rapport de revue critique a été transmis par les experts de la revue critique à ecosystem. Les conclusions portent sur le guide cité en introduction et non sur toute autre forme du rapport, extrait ou publication qui pourrait en être fait. Les experts de la revue critique ne peuvent être tenus pour responsables de l'usage de ce travail par une tierce partie.

Les conclusions du rapport ont été effectuées en fonction de l'état de l'art à la date de l'étude et en fonction des informations reçues d'écosystem et Bleu Safran.

4. Commentaires généraux de la revue critique

Le guide est de très bonne facture et transcrit le sérieux et la qualité avec lesquels cette étude a été réalisée. Les experts de la revue critique considèrent que les recommandations des normes ISO 14040 :2006 et ISO 14044 :2006 concernant les méthodes ont été suivies et que les travaux menés sont conformes à ces derniers. Le guide et les données utilisées sont appropriés et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude. Les travaux sur les ICV présentés dans le guide satisfont aux exigences de méthodologie, de données et d'interprétation et de communication en tenant compte des limites présentées dans la partie suivante.

Cette étude est significative dans la prise en compte des impacts de la régénération de matières plastiques issues de DEEE. Il est important de mentionner que cette étude a des points différenciants par rapport aux études précédentes et qui apportent une vraie valeur ajoutée vis-à-vis de l'état de l'art actuel :

- le périmètre de l'étude de la collecte à la production de granulés prêts à l'utilisation,
- la contribution de régénérateurs représentatifs avec une complétude appropriée,
- la méthodologie appliquée pour allouer les charges des procédés aux matières plastiques cibles,
- la non utilisation de blocs de processus (détail de toutes les étapes de la matière broyée au granulé prêt à l'emploi).

5. Commentaires détaillés

Cette partie met en avant certains commentaires de la revue critique pour aider le lecteur dans sa compréhension du guide et de la construction des ICV de matières plastiques régénérées.

Ces commentaires portent soit sur des points méthodologiques à mettre en avant compte-tenu de leur apport par rapport à l'état des connaissances ou leurs différences par rapport aux choix utilisés dans les ICV de matières recyclées disponibles actuellement, soit sur des commentaires présentant des limites par rapport aux attentes de la revue critique. L'ensemble des commentaires (exceptés les commentaires d'édition) de la revue critique et leurs réponses sont annexés au présent rapport.

5.1. La méthodologie de prise en compte des impacts liés à la production de plastiques recyclés

Les méthodologies utilisées pour établir les ICV sont cohérentes et en conformité avec les normes ISO 14040 :2006 et ISO 14044 :2006. Le guide présente clairement les étapes de la structuration de l'ICV du bloc d'activité multifonctionnel des régénérateurs en fonction de leur typologie. Le guide présente trois ICV de matières plastiques régénérées. Ces ICV ne sont pas établis dans le but d'une ACV comparative entre les 3 matières même si les futurs utilisateurs peuvent se servir des ICV dans un but d'éco-conception et comparer l'impact de plusieurs matériaux. Dans ce cas, une revue critique de l'étude ACV basée sur les ICV présentés dans le guide devra être effectuée notamment en cas de communication des résultats de l'ACV même si les ICV ont fait l'objet d'une revue critique.

La méthodologie appliquée pour l'allocation des impacts des différents flux à chaque étape unitaire des procédés est robuste et apporte une vraie valeur ajoutée par rapport aux études précédentes et repose sur le principe d'indépendance de la comptabilisation entre matériaux. En effet, par exemple, lors des étapes de séparation des matériaux présents dans les mix riches en plastiques afin d'obtenir des plastiques broyés, seuls les impacts liés à la gestion du plastique cible sont alloués à ce plastique. Ainsi les bénéfices ou impacts du traitement des autres matériaux à extraire comme des métaux ou autres plastiques non cibles ne sont pas imputés au flux du plastique à l'étude (ex : le PP). Les charges d'une étape ont été réparties entre les différents flux en sortie de process selon un principe d'affectation massique.

Un point important à relever sur cette étude est le périmètre considéré dans le calcul des ICV : de la collecte du produit dont est issu la matière à la production de granulés prêts à l'utilisation.

La méthodologie utilisée ne considère pas de bénéfices au recyclage mais uniquement les impacts directs des procédés. Aucune recommandation n'est effectuée dans le guide sur ce point car cette partie n'est pas incluse dans les objectifs de l'étude. Cependant, le choix d'allocation par le futur utilisateur des ICV devra être conforme avec le modèle de communication envisagé (CFF formula dans le cadre du PEF).

5.2. Validité scientifique et technique

La robustesse scientifique et technique à la fois du guide et de la création des ICV est élevée. En effet, les modèles des régénérateurs sont définis clairement avec un haut niveau de détail des activités en fonction des typologies des régénérateurs. Chaque process unitaire a été quantifié. Ceci permet d'avoir les données spécifiques associées à chaque flux de matières régénérées cibles en fonction de la source de DEEE.

Les données en amont des étapes de régénération sont issues des ICV fin de vie des DEEE. Les mêmes données d'arrière-plan ont été utilisées afin d'assurer une cohérence entre les données utilisées et assurer une homogénéité en terme de validité scientifique entre les deux études. Un questionnement s'est posé sur la corrélation temporelle des données : les premières dates de 2014/2015 et celles des ICV des matières recyclées de 2020. Cependant, la période de validité des ICV fin de vie est 2014-2022, du fait de la stabilité des procédés utilisés pour le traitement. Certaines données ont été mises à jour en 2018. Les données d'ICV cibles ont une validité de 2 à 4 ans. Le lien entre les données des deux études est donc approprié. Une réactualisation des données devra être envisagée à cette échéance.

La validité technique des données d'activités utilisées est assurée par un reporting mené auprès des régénérateurs représentatifs des plastiques cibles. Lorsque certains régénérateurs n'effectuaient pas l'activité de production de granulés, une extrapolation du bloc d'activités a été effectuée à partir de données d'autres régénérateurs audités. Ce choix a également été effectué pour des données de flux manquantes. Même si ceci induit une certaine incertitude, cela permet d'assurer la complétude des données.

Le niveau de précision ainsi obtenu est le plus élevé possible en fonction de l'état des connaissances actuelles à la date de l'étude (identification partielle de régénérateurs européens, connaissance partielle du taux d'orientation des plastiques).

Les questionnaires utilisés ont été présentés aux experts de revue critique mais sans accès aux données pour des raisons de confidentialité. Il n'y a pas de relations contractuelles entre les régénérateurs et ecosystem. Les experts de revue critique attirent l'attention sur le fait que les données des régénérateurs sont déclaratives et peuvent ne pas être toujours fiables, comme dans un certain nombre d'ACV. L'évaluation de la qualité de ce type de données est souvent difficile car les mesures au niveau de chaque procédé peuvent être complexes et chronophages.

Cependant, en cas de manque de données, des extrapolations raisonnables ont été effectuées entre sites de régénérateurs (ex. COV), des recherches bibliographiques ont également été menées (ex. formulation de la matière recyclée). Le modèle d'ICV reste exhaustif et robuste dans les choix scientifiques.

Il est important de mettre en avant que cette étude est la plus détaillée d'un point de vue modélisation en ce qui concerne des matières recyclées par la prise en compte de la collecte du produit d'origine à la production du granulés en détaillant toutes les étapes intermédiaires.

5.3. Le choix des données en fonction des objectifs de l'étude

Les données de l'ICV n'ont pas pu être révisées pour des raisons de confidentialité mais les éléments inscrits dans le guide, le descriptif de la construction des ICV et la présentation des données d'arrière-plan sont considérés comme raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude.

En ce qui concerne les régénérateurs, la représentativité peut être discutée tant sur le nombre que sur les activités représentées. Par exemple, la couverture globale de l'échantillon régénérateurs pour le PP recyclé est de 50%. Des extrapolations ont été effectuées à la fois pour compléter les activités manquantes (passage du broyé au granulés dans certains cas) et pour représenter les régénérateurs non inclus dans l'échantillon.

Ces extrapolations sont cohérentes par rapport aux objectifs de l'étude et les régénérateurs utilisés comme référence sont des acteurs significatifs de l'activité des matières recyclées issues des DEEE.

Même si cela peut induire une certaine incertitude, le choix de ces données est pertinent car il permet d'atteindre la meilleure précision possible en l'état des connaissances. Les données devront être mises à jour en fonction de l'évolution des activités de recyclage des plastiques.

Les données utilisées sont cohérentes avec l'objectif de fournir des ICV de production de plastiques recyclés issus de DEEE gérés en France et régénérés en Europe à destination de tout utilisateur souhaitant intégrer l'impact de cette production dans une ACV. Il est important de préciser certaines limites potentielles à l'usage des ICV comme matière recyclée dans un nouveau produit : l'adéquation avec la formulation modélisée dans l'étude et la non-connaissance par l'utilisateur de l'origine de la matière recyclée. Cependant, dans cette étude une formulation standard a été prise en compte et les régénérateurs utilisent souvent une mixité de sources de matières. Donc la représentativité est cohérente et raisonnable vis-à-vis de l'usage envisagé. Aucun critère de coupure volontaire n'a été mis en œuvre dans la collecte des données d'activités des régénérateurs.

5.4. Pertinence des ICV de production de matières recyclées en lien avec les limites de l'étude

La pertinence des ICV calculés est grande compte-tenu des usages envisagés de ces ICV.

L'utilisateur de ces ICV doit noter que les bénéfices du recyclage de la matière n'ont pas été pris en compte et doit envisager l'utilisation d'un modèle d'allocation type CFF formula.

Les principales limites du projet sont liées :

- aux extrapolations effectuées (activités et régénérateurs) mais elles sont raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude,
- aux clés d'affectation utilisés par les régénérateurs lorsqu'ils ne disposaient que de données site,
- à l'utilisation de certaines données d'arrière-plan, notamment pour la formulation,
- l'exclusion de certaines émissions liées aux procédés de rang 1 ou aux procédés de régénération. Certaines données ont été remplacées par des approximations.
- à l'exclusion des infrastructures des régénérateurs. Le même principe est utilisé dans les inventaires de matières vierges de PlasticsEurope disponibles à date.

Ces limites peuvent avoir un impact sur les résultats de certains indicateurs. Cependant, les ICV sont pertinents par rapport aux objectifs de l'étude et la complétude de données a été assurée par une méthode scientifiquement et techniquement conforme aux exigences de l'ISO 14040.

5.5. Transparence et cohérence du guide

La transparence et la cohérence du guide faisant l'objet de cette revue critique sont élevées et conformes aux attentes de l'ISO 14044 :2006. Les experts de revue critique n'ont pu avoir accès aux données collectées auprès de régénérateurs pour des raisons de confidentialité. Mais la présentation du modèle et la comparaison de l'ordre de grandeur des résultats d'impacts obtenus pour les ICV à des études précédentes ont permis d'estimer la cohérence des résultats.

ecosystem a décidé de masquer certaines informations du guide concernant les régénérateurs pour des raisons de confidentialité. Cette solution a été retenue pour avoir le moins d'impact sur la transparence du guide. Mais la cohérence du rapport est maintenue. L'accès à ces données permettraient d'améliorer la transparence de la communication et ainsi mettre en avant cette spécificité de l'étude.

6. Evaluation de la qualité des données – ILCD Data-Entry level

Les tableaux ci-dessous présentent les actions de revue critique des experts ainsi que l'évaluation de la qualité des données atteinte par les ICV produits.

	Validation des sources des données	Données d'énergie	Données massiques (couverture)	Croisement avec d'autres sources	Croisement avec d'autres bases de données	Jugement d'expert	Conformité avec la norme Iso 14040 et Iso 14044	Documentation	Visites de sites et questionnaires
Données d'activité	Oui	Non applicable	Non applicable	Non	Non applicable	Oui	Oui	Oui mais confidentielle	Interne au prestataire
Unit process(es) : opération unitaire	Oui	Interne	Interne	Non applicable	Oui mais peu de données d'arrière-plan- Extrapolation des données d'activité	Oui	Oui	Oui	Interne au prestataire
Unit process(es) : black box	Il n'y a pas de process utilisé sous la forme de black box dans la construction des ICV de matières plastiques régénérées soumis à la revue critique								
Méthodes ICV	Non applicable					Oui	Oui	Non applicable	Non applicable
Résultats d'ICV	Non applicable	Interne	Interne	Non applicable	Non applicable	Oui	Oui	Oui	Non applicable
Résultats calculs ACV	Non applicable					Oui	Oui	Oui	Non applicable
Documentation	Non applicable					Oui	Oui	Non applicable	Non applicable

Tableau 1: Actions de la revue critique

	ICV PP régénéré	ICV ABS régénéré	ICV PS régénéré
Corrélation technologique	Good	Good	Good
Corrélation temporelle	Very Good	Very good	Very good
Corrélation géographique	Good	Good	Good
Complétude	Good	Good	Good
Précision	Fair	Fair	Fair
Méthode appropriée et robuste	Very good	Very good	Very good
Niveau de qualité global	Good	Good	Good

Tableau 2: Evaluation de la qualité des données

7. Annexe

Le tableau ci-dessous présente les commentaires détaillés effectués par les experts de revue critique et les réponses apportées par Bleu Safran et ecosystem.

N°	Page	§	Nature du commentaire	Commentaire	Proposition de modification	Réponse Bleu SAFRAN / ecosystem	Suivi du commentaire
1	8	A1	Précision	Il serait intéressant d'ajouter à ce stade le périmètre d'action d'ecosystem par rapport aux acteurs du recyclage et non uniquement par rapport aux adhérents.	Ajouter un schéma du périmètre d'action permettrait de mieux comprendre/anticiper la problématique de la collecte de la donnée auprès des régénérateurs.	<p>Le schéma présenté lors de la réunion du 27/10 sera ajouté dans le rapport afin de montrer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - relations contractuelles entre ecosystem et producteurs, points de collecte, opérateurs collecte, opérateurs de rang 1 - relation plutôt de suivi des performances pour opérateurs de rang 2 en charge du tri des plastiques bromés/non bromés - absence de relations contractuelles avec les autres acteurs, en plus particulièrement les régénérateurs <p>Il sera précisé avant le graphique qu'il s'agit du cas "majoritaire", certains acteurs pouvant être de rang 1 et rang 2, auquel cas, leurs contrats peuvent couvrir également les opérations de rang 2.</p> <p>Afin que les lecteurs identifient tôt dans le rapport que ces ICV s'appuient sur une collecte de données auprès de régénérateurs, une section "détenteurs de données" sera ajoutée en section A. Aspects généraux (après A.1 "commanditaires").</p>	Ok
2	8	A2	Précision	Quels matériaux ont été étudiés ?	Indiquer notamment si les plastiques étaient déjà dans le scope de la première étude.	La phrase a été complétée en précisant : "dont les principaux plastiques présents dans les différents flux de DEEE ménagers (PP, PS, ABS, ABS-PC, etc.) en différenciant les plastiques non chargés, les plastiques bromés et les plastiques chargés mais non bromés."	Ok
3	8	B1	Périmètre	Il est indiqué que les ICV peuvent être utilisés par les adhérents d'ecosystem pour développer l'usage de recyclés. Mais est-ce que ça ne peut pas être aussi un outil de pilotage pour le développement des filières ?	A préciser dans le périmètre d'application	<p>Pour piloter / développer les filières, ecosystem s'appuie prioritairement sur le Bilan environnemental calculé à partir des ICV fin de vie, de manière à prendre en compte dans l'évaluation les différentes destinations finales des matières. Le travail réalisé sur les ICV plastiques recyclés pourra être exploité pour affiner la modélisation de la destination "recyclage" des ICV fin de vie, lors de leur prochaine mise à jour.</p> <p>En terme de développement des filières, les ICV plastiques recyclés et l'argumentaire sur les bénéfices des plastiques recyclés serviront de support pour encourager les projets d'intégration de plastiques recyclés (et donc aider à dynamiser le marché du recyclé)</p> <p>Proposition pas de modification du texte (élément évoqué ligne 33 du rapport provisoire V1.1)</p>	Ok

4	8	B1	Terme	Au travers du rapport, on retrouve le terme de « bénéfice environnemental », et la notion d'argumentaire sur les bénéfices, environnementaux, sociaux et économiques de l'usage de matière plastique recyclée. Mais en est-on toujours sûr ?	Au vu des résultats présentés avec la méthode du PEF, c'est en effet le cas. Mais peut-être plutôt parler de bénéfices potentiels.	Nous sommes d'accord avec cette remarque. Par soucis de clarté, la formulation a également été revue dans le rapport : "ecosystem a ainsi engagé une étude autour des différents bénéfices potentiels résultant de l'utilisation de plastiques recyclés dans l'optique d'encourager des projets d'intégration de plastiques recyclés" et "De plus, ces inventaires pourront être utilisés par ecosystem pour étudier les bénéfices environnementaux potentiels du plastique recyclé"	Ok
5	8	B1	Précision	Qu'entend-on par argumentaire ? Des indicateurs ?	A préciser	Analyse détaillée, prenant en compte un panel d'indicateurs environnementaux, et qui évaluerait les potentiels bénéfiques selon différents scénarios d'utilisation de la matière recyclée vs vierge. Précisons également que par soucis de clarté la formulation a été revue (cf. réponse au commentaire n°4)	Ok
6	8	B1	Méthodologie/état de l'art	Les études préexistantes sont mentionnées. Mais elles ne sont pas référencées. Il manque une analyse plus précise des manques de ces études afin de renforcer et démontrer le positionnement de l'étude par rapport à cet existant. Les limites des bases de données existantes sont également à mentionner.	A minima référencer les études. Un tableau comparatif entre les périmètres de ces études et les ICV DEEE pourrait être ajouté.	Les précisions suivantes ont été apportées : "Avant la conduite de ces travaux, nous avons pris connaissance de manière approfondie d'un certain nombre d'études portant sur le recyclage des plastiques, qu'elles s'appliquent ou non à des déchets issus de DEEE. Cette analyse préalable a été conduite par Bleu Safran, pour l'association SCORELCA, dans le cadre d'une étude dédiée à la prise en compte du recyclage des plastiques en ACV (étude "SCORE LCA, Recyclage des plastiques et ACV, 2020, n°2019-02"). Ces travaux, achevés fin 2020, seront consultables depuis le site internet de l'association SCORELCA. (https://www.scorelca.org/scorelca/etudes-acv.php)." + note de bas de page : "Etudes préexistantes dont nous avons pris connaissance sur le recyclage des plastiques et ACV : – Eco-profil établis par le SRP, Syndicat national des régénérateurs de matières plastiques (France) – Franklin Associates. Life cycle impacts for postconsumer recycled resins: PET, HDPE, and PP. Submitted to The Association of Plastic Recyclers. December 2018. 49 p. – Haupt M., Kägi T., Hellweg S. Life cycle inventories of waste management processes. Data in Brief. Volume 19, August 2018, Pages 1441-1457. – Patrick A. Wäger, Roland Hischer, Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant, Science of The Total Environment, Volume 529, 2015, Pages 158-167." Cette analyse n'a pas été conduite dans le cadre de cette étude pour ecosystem mais dans le cadre d'une étude réalisée par Bleu Safran pour SCORE-LCA intitulée "SCORE	Ok

						LCA, Recyclage des plastiques et ACV, 2020, n°2019-02". Toutefois, le rapport n'est pas encore publié. Nous proposons de citer ces travaux pour SCORE-LCA , ceux-ci analysant de manière détaillé cet état préexistant. Nous sollicitons SCORELCA pour avoir leur accord.	
7	9	B.1	Terme	« Noeud Ecosystem » ?	Page web ?	Le terme "Node" sera privilégié, y compris dans la version française. Il est précisé que le rapport méthodologique sera traduit en anglais.	Ok
8	9	B1	Précision	Est-ce que le rapport de revue critique de la précédente étude est disponible ?	Mettre les principales conclusions de la RC	Oui, ce rapport en téléchargeable depuis le "node" d'ecosystem qui est indiqué dans le rapport. Nous sommes plutôt favorables à renvoyer vers un lien donnant directement accès au document : http://weee-lci.ecosystem.eco/Node/showSource.xhtml?uuid=a8213f5f-bbed-47ae-a875-90f9a593765f&stock=ecosystem_WEEE_LCI	Ok
9	9	B2	Méthodologie	L'impact et la formulation d'une matière recyclée va dépendre de son usage (qualité de la matière quel EEE). Est-ce que le devenir des MPR des régénérateurs est connu ?	L'étude étant faite sur l'hypothèse d'une boucle fermée, il serait pertinent d'indiquer la part des MPR qui repartent des régénérateurs vers le EEE.	Notre travail d'accompagnement de projet d'intégration de recyclé avec nos adhérents et les échanges avec les régénérateurs nous donnent de grandes tendances ; nous sommes toutefois dans l'incapacité de connaître les tonnages spécifiques par secteurs d'utilisation, la recherche de débouchés (et donc les secteurs atteints) étant un élément primordial dans la stratégie commerciale de chaque régénérateur.	Ok
10	9	B3	Ajout	Le format des données n'est pas mentionné.	Ecospold ?	Format ILCD "xml"	Ok
11	9	B4	Précision	De quelle manière les ICV seront utilisés en argumentaire par ecosystem ?		Exploitation possible des ICV plastiques recyclés pour modéliser la "production de plastiques recyclés » à mettre en perspective avec plusieurs scénarios de comparaison à des plastiques vierges. Cette utilisation est une mise en scénarios pour se rapprocher de modélisations que pourraient conduire des producteurs. Par soucis de clarté, la référence à ces travaux a été reformulée dans le rapport final (cf. réponse au commentaire n°4)	Ok

12	10	B5	Application	Pour que les adhérents puissent utiliser les ICV, il faut qu'ils connaissent la part de MPR issues des DEEE dans celles qu'ils achètent. Or les régénérateurs mélangent plusieurs sources. Quelle part attribuée à l'ICV ecosystem ? Quelle influence pensez-vous que cela aura sur les résultats ?	A mentionner	<p>Nous ne fournissons effectivement pas de valeur moyenne ("mixte de plastiques recyclés de différentes filières"), car nous n'avons pas à disposition de données sur les autres filières.</p> <p>L'information concernant la proportion de résines provenant de différentes filières (voire la proportion vierge / recyclé) serait à identifier par l'acheteur de la matière. A noter que la norme EN 45 557 récemment publiée stipule que la différence entre plastiques post- et pré-consommateurs doit être faite, ce qui nécessite que l'acheteur remonte sa chaîne de valeur pour avoir accès à l'information.</p> <p>Comme discuté lors de la réunion du 27/10, une rubrique sur les "précautions d'emploi de ces ICV" sera ajoutée, pour rappeler notamment aux utilisateurs qu'il leur appartient de se renseigner sur l'origine du plastique recyclé qui souhaite modéliser et ainsi vérifier que les présents ICV sont adaptés ou non à son besoin.</p> <p>Les écarts possibles que vous soulignez concernant la diversité des sources vont surtout porter sur les étapes amont à l'entrée en régénération. Il est difficile de préjuger de ces écarts puisque peu de données sont disponibles pour les autres sources fréquemment utilisées par les régénérateurs s'approvisionnant en plastiques issus de DEEE mais il nous semble toutefois possible de dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour des déchets "post-consommateurs" type VHU, les impacts environnementaux des étapes amont sont probablement significatifs (étapes de collecte des VHU, broyage des VHU, séparation des résidus post-traitement + étapes de transport entre opérateurs) - pour des déchets industriels qui seraient achetés par les régénérateurs, les étapes amont sont plus "simples" (tri à la source, étape de transport, peut-être prébroyage) et probablement moins impactantes que les étapes amont de la filière de gestion des DEEE 	Ok
13	10	B.5	Précision	Enfin, qui aura accès et par quel média ? Plateforme Ecosystem ? Accords de l'ensemble de la « Supply Chain » ?	A ajouter	La démarche est la même que pour les ICV fin de vie : les données sont diffusées en libre accès au format ILCD, pour tous les praticiens. En parallèle, nous contactons également les éditeurs de logiciels ACV que nous avons identifiés pour leur proposer d'intégrer ces données directement dans leurs logiciels.	Ok
14	11	C1.1	données	Quelle est la source des données du tableau A ? ecosystem ?	Indiquer la source	Tableau établi d'après des études ecosystem (--> programme Bilan Matière Equipements, mené annuellement, permettant l'analyse de la composition matières des DEEE en entrée d'opérateurs de traitement de rang 1). Cela sera précisé.	Ok
15	11	C1.1	données	Quelle est la part des plastiques orientés actuellement vers le recyclage, qui est a priori faible ?	Indiquer le pourcentage.	Ces % sont spécifiques à chaque combinaison "type de plastique/flux de DEEE". Comme précisé lors de la réunion du 27/10, ces données sont confidentielles. Leur principe d'élaboration a été exposé en cours de réunion.	Ok
16	11	C1.1	Précision	Pour faciliter la compréhension, les MP conservées par		Ok, cette proposition de réorganisation sera mise en œuvre	Ok

				le régénérateur peuvent être citées dès le départ et ensuite développer les raisons.			
17	12	C1.1	hypothèses	Pourquoi ces plastiques cibles ? Des non chargés pour faciliter leur réusage après régénération ? Le PS a une densité proche du PP Talc, comment s'assurer de la séparation et d'une non contamination ?	Préciser les informations sur le choix des plastiques par les régénérateurs	<p>C'est un "état de fait", ce qui sera davantage expliqué dans le rapport. Il s'agit des plastiques ciblés à date par les régénérateurs, leurs choix étant très certainement fonction des tonnages accessibles, des coûts de revient en jeu pour produire les différents plastiques recyclés, de leur maîtrise technologique, des marchés accessibles / visés par les régénérateurs. Nous n'avons pas davantage d'informations sur les arbitrages faits par les régénérateurs (informations qui sont par ailleurs confidentielles")</p> <p>L'enjeu de contamination du PS par du PP-talc va être fonction des déchets plastiques sources et des choix techniques des régénérateurs. Dans le cas de régénérateurs ayant une ligne dédiée aux plastiques de GEMF, cet enjeu est probablement limité (car flux contenant peu de PP). En cas de sources autres (autres DEEE, VHU), les régénérateurs peuvent utiliser des techniques de séparation. C'est par exemple le cas du régénérateur qui utilise la triboélectricité pour séparer PS, ABS, et PP-talc.</p>	Ok
18	12	C12	Hypothèses/méthodologie	Quelle est pour vous une pureté élevée, 95%, 98% ? Cette information a un impact direct sur le coefficient de transfert d'une matière à l'autre et sur l'usage futur. Est-ce que ce coefficient de transfert a été pris en compte ? Il peut faire l'objet d'une analyse de sensibilité.	A préciser	<p>Dans le tableau 2, nous avons précisé "Taux élevé (> 95% de polymère cible)". Dans les réponses au questionnaire, certains régénérateurs ont fait mention de pureté allant de 95% à 98% (informations déclaratives). Nous allons ajouter dans le rapport une précision sur le fait que le taux mentionné résulte des informations déclaratives des régénérateurs. Dans tous les cas, il s'agit pour ces travaux d'avoir une pureté permettant d'atteindre des exigences techniques minimales et ainsi disposer de granulés de plastiques recyclés utilisables par des producteurs d'EEE notamment.</p> <p>Concernant le "coefficient de transfert" : dans le cadre de ces ICV, nous avons effectivement considéré qu'une partie des plastiques broyés extrudés sera "perdue" sous la forme de résidus de filtration (dont la gestion a bien été prise en compte).</p>	Ok
19	12	C1.2	Précision	Que signifie un profil moyen ? En terme de volume ?		Cette précision fait suite à l'explication apportée sur le choix fait par certains régénérateurs de faire un tri par couleur. Ainsi, le terme "profil moyen" va être supprimé au profit du terme "profil commun", i.e un profil commun au PS blanc, PS "jazz" et PS non trié par couleur.	Ok

20	13	C1.2	Précision	Comment définissez-vous le nombre suffisant de régénérateurs pour les ICV de cette étude ?		Concernant la question spécifique de la non-distinction des PS recyclés selon leur couleur dont il est question page 13, le "nombre suffisant de régénérateurs" fait référence à l'engagement pris auprès des régénérateurs de moyenniser leurs données avec celles d'autres régénérateurs pour permettre de préserver la confidentialité de leur profil, soit minimum trois régénérateurs.	Ok
21	13	C1.2	données	Le PS n'a pas été séparé par coloris. Mais ceci a un impact direct sur la future application.	Justifier	Effectivement, en fonction des couleurs des granulés PS, les applications pourront être différentes. En ce qui concerne l'ICV commun établi, le rapport fait état de la faible incidence du tri optique par couleur sur l'ICV : "Les besoins énergétiques d'un tri optique par couleur étant secondaire en comparaison des besoins énergétiques des autres étapes prises en compte (étapes amont à la régénération, étapes de production des broyés, extrusion-granulation), nous considérons que le choix d'un inventaire moyen, sans distinction de coloris dans le cas du PS, est adapté aux objectifs des travaux". A noter que ces ICV ont pour vocation d'être réactualisées dans quelques années ; peut-être les évolutions du marché (= plus de régénérateurs pour garantir la confidentialité des données) permettront à ce moment de distinguer plus finement les différents cas de figure pour chaque polymère, et donc d'affiner les ICV.	Ok
22	13	C1.2	données	Le taux de pureté est une donnée des régénérateurs ?	ajouter la source	Le taux de pureté a été demandé aux régénérateurs. Leurs réponses (déclaratives) font état, pour les granulés, de taux allant de 95% à 98% selon les cas. Nous avons donc retenu > 95%. La source de cette valeur sera explicitée dans le rapport final	Ok
23	13	C1.2	Précision	Pourquoi seul le PS a besoin d'être adapté pour un usage en boucle fermée ?	Préciser la source du 2%	Afin d'atteindre des exigences techniques minimales pour que les plastiques recyclés soient utilisables par des producteurs d'EEE notamment, il a effectivement été considéré l'ajout de modificateur d'impact dans le cas du PS. Seul le PS est concerné par l'ajout de modificateur d'impact. La raison de cette adaptation tient au fait qu'à date les régénérateurs peuvent produire des granulés de PS pour différents marchés, certains pouvant être moins exigeants sur les propriétés choc du PS.	Ok
24	13	C1.3	Précision	Quel est l'ordre de grandeur des tonnages exclus ?		Concernant l'ABS-PC, nous ne disposons pas de cette information car les régénérateurs de l'échantillon ne produisent pas d'ABS-PC recyclé à partir d'ABS-PC déchets. Pour le PP-talc, nous disposons d'informations mais celles-ci ne pourront pas être indiquées dans le rapport pour des raisons de confidentialité.	Ok

25	13	C.2	Précision	<p>Peut-on donner des précisions sur les limites géographiques ? Collecte en France puis traitement essentiellement en Europe (ça veut dire quoi ?) pour un marché européen ?</p>		<p>Dans la pratique, des déchets collectés en France vont être processés par des opérateurs successifs qui peuvent être basés en France ou ailleurs dans le monde (Europe, hors Europe).</p> <p>Concernant les présents travaux :</p> <p>1/ Pour la collecte des DEEE qui contiennent notamment des plastiques), cette précision est apportée dans le rapport : nous sommes sur des déchets collectés en France par ecosystem, éco-organisme agréé en France (cf. B.2 "Objectifs des travaux", et cf. section E. "FRONTIERES DU SYSTEME : PRESENTATION DES ETAPES DE LA CHAINE DU RECYCLAGE". On ne parle donc que de plastiques initialement présents dans les DEEE produits en France.</p> <p>2/ Pour les autres étapes amont à l'entrée chez les régénérateurs, la section E.1 "ETAPES DE LA CHAINE DU RECYCLAGE SITUEES EN AMONT DE L'ENVOI EN REGENERATION" précise que ces étapes se font principalement en France et parfois en Europe comme cela est matérialisé dans les schémas de la figure 3 et dans les textes qui les accompagnent.</p> <p>3/ Pour les régénérateurs, les travaux se sont centrés sur le cas des régénérateurs situés en France ou ailleurs en Europe (cf. B.2 "Objectifs des travaux" et qui des plastiques provenant des DEEE collectés en France puisque l'objectif est d'établir des ICV spécifiques aux plastiques recyclés issus de la filière organisée par ecosystem. Ainsi, "régénéré en Europe" n'est pas forcément équivalent à "marché européen"</p>	Ok
26	14	C2	données	<p>Il est fait souvent mention des obligations réglementaires (réglementation sur les bromés par exemple). Pour améliorer la compréhension des contraintes des acteurs sur le tri des MP, peut-être les mentionner en note de bas de page. Que deviennent les flux bromés?</p>	Ajouter les réglementations	<p>Une référence réglementaire sera ajoutée. En France, les flux de plastiques bromés sont envoyés en incinération déchets dangereux.</p>	Ok

27	14	D	hypothèses	<p>Une boucle fermée a été choisie par rapport à l'intégration de MPR chez les adhérents d'écosystème. Quelles seraient les conséquences sur l'ICV si une boucle ouverte était choisie, qui est certainement l'application majoritaire?</p>		<p>La référence à la boucle fermée mentionnée dans le rapport provisoire est effectivement trop restrictive. Il convient davantage de parler de granulés recyclés atteignant des exigences techniques minimales pour que les plastiques recyclés soient utilisables par des producteurs d'EEE pour par d'autres utilisateurs. La rédaction a donc été revue en ce sens.</p>	Ok
28	16	E1	Périmètre	<p>Sur la figure 3, les parties démontées des écrans sont comprises dans le périmètre. Cela porte confusion avec l'information que les parties démontées des écrans plats ne sont pas prises en compte. Ce sont les parties liées aux CRT ?</p>	A clarifier	<p>La rédaction du rapport va être améliorée. La phrase "certains plastiques extraits lors du démantèlement manuel des écrans plats et orientés vers le recyclage n'ont pas été étudiés (ex : filtres souples, plaques rigides transparentes)" va être reformulée afin de préciser que ces plastiques ne sont pas constitués de PP, PS, ou ABS mais de PMMA ou de PET par exemple. Les pièces plastiques démantelées comme les coques et les plastiques rigides sont bien prises en compte car elles peuvent être en ABS (cas des coques) ou en PS (cas des plastiques rigides).</p>	Ok
29	16	E1	hypothèses	<p>Quel est le nombre d'acteurs par étape ? Quelle est la répartition des mix de technologies pour les CRT ?</p>		<p>Nous sommes dans un chapitre "Champs de l'étude", les informations sur les taux de couvertures des étapes amont sont apportées dans le chapitre "Inventaire", section "J. Etapes amont à la régénération". Sont ainsi rappelés les taux de couverture massiques des étapes de collecte & transfert et des opérateurs de rang 1, voir Tableau 5. Le lecteur est également invité à prendre connaissance de la synthèse méthodologique des travaux sur les ICV de fin de vie des DEEE, ce document étant public et apportant des informations plus détaillées sur le nombre d'opérateurs.</p> <p>Concernant la question sur les mix technologiques des écrans plats (plutôt que CRT), des données extraites du rapport confidentiel sur les écrans plats ont été présentées en cours de réunion.</p>	Ok

30	17	E.1	Précision	Peut-on préciser les proportions ?		Ces informations sont fournies dans le tableau 7, dans le Chapitre "Inventaire du cycle de vie". Opérations de rang 2 : toujours faites en France pour le PAM et les écrans, en raison de l'obligation réglementaire de séparer les plastiques avec et sans RFB. GEM HF : rang 2 (séparations des mélanges métaux/plastiques et des fines métaux/plastiques), très majoritairement en France (moins de 5% hors France) GEM F : rang 2 ne concerne que les mélanges métaux/plastiques, réalisé en Allemagne	Ok
31	17	E.1	Précision	Les limites géographiques me semblent floues.	Préciser le choix de l'extension à l'Europe pour la régénération alors qu'un démarrage sur un périmètre français. Mettre en avant la spécificité de modéliser une filière fine de vie de plastiques où les opérations de collecte et de régénération se font sur des périmètres géographiques différents (notion de concentration des flux)	Les périmètres géographiques différents entre la collecte (forcément en France, ces travaux concerne la gestion d'écosystem) et les étapes ultérieures à la collecte sont le reflet de la gestion réalisée sur le terrain par les acteurs de la chaine de fin de vie des DEEE (économie de marché). Il s'agit d'un reflet des activités effectivement pratiquées sur le terrain.	Ok
32	17	E.1	Précision	Indiquer pourquoi les MP ne sont pas triées, régénérées en France : manque d'acteurs, technicité...		Les fractions plastiques obtenues suite aux opérations de rang 1, puis de rang 2, appartiennent aux opérateurs (et non à ecosystem) qui sont libres de les revendre aux repreneurs de leur choix. Les conditions de marché, dispositions contractuelles entre acteurs économiques interviennent donc dans la gestion ultérieure de ces fractions.	Ok
33	19	E2	Précision	Quel est ce niveau de pureté ?		Nous ferons un renvoi vers le tableau 2 page 13 qui précise ce point.	Ok
34	19	E2	Précision	Les mélanges traités par tri électrostatique sont en général binaires. Sur quels mélanges est appliqué ce tri dans l'étude ?	Donner un exemple	Tri électrostatique : il sera précisé que ce type de tri se pratique sur des mélanges PS/ABS.	Ok
35	19	E2	Définition	Indiquer la définition d'un mélange maître dans le glossaire par exemple	Ajouter la définition dans le glossaire	Ok, une définition sera ajoutée	Ok

36	19	E2	Précision	Quelle la part du marché EEE pour les régénérateurs ?	Donner le pourcentage	Les informations demandées sont précisées dans le chapitre dans le tableau 8 "TABLEAU 8 – ECHANTILLON DE REGENERATEURS : APERÇU DE LA PROVENANCE SECTORIELLE DES DECHETS ENTRANT EN REGENERATION" du rapport provisoire (section "Inventaire du cycle de vie", section "K.") A noter que ce tableau 8 ne sera plus disponible dans la version finale pour tierce partie du rapport mais sera transféré dans une annexe confidentielle.	Point d'attention : la mise en annexe de certaines données peut nuire à la transparence du guide
37	20	G	données	Est-ce que des analyses ont été faites par rapport à la formulation et au coefficient de transfert ?		Formulation moyenne / taux de pureté : les données déclaratives des régénérateurs ont été prises en compte (cf. réponse au commentaire n°22) Coefficient de transfert à l'étape d'extrusion-granulation : le rendement / les pertes de matière lors des étapes d'extrusion-granulation ont été demandées aux régénérateurs ; ces pertes (résidus de filtration) et leur gestion ont été prises en compte dans les ICV et affectés aux plastiques recyclés. Coefficient de transfert en amont de l'étape d'extrusion-granulation : les efficacités de "transfert" des étapes amont à la régénération ont été étudiées lors de l'élaboration des ICV fin de vie (et prises en compte dans leur élaboration) ; les efficacités de transfert lors des étapes de régénération amont à l'extrusion/granulation ont été discutées avec les régénérateurs. Toutefois, ces efficacités n'interviennent pas dans la modélisation des ICV de production des plastiques recyclés : la gestion des pertes de matière survenues en rang 1 ou en rang 2 ou lors de la première étape conduite chez les régénérateurs (bloc 1) n'est pas affectée au plastique recyclé. Par exemple, le devenir du PS non chargé qui n'est pas orienté vers le recyclage chez les opérateurs de rang 1 (car présent sous formes d'impuretés dans les fractions métalliques ou dans la fraction "mousse PUR" pour le GEMF) n'est pas affecté au PS recyclé obtenu en sortie des régénérateurs	Ok
38	21	H	Données	Quelle est la représentativité temporelle de l'ICV précédent ?		Concernant les ICV de fin de vie des matériaux constitutifs des DEEE : - leur représentativité temporelle est précisée dans le chapitre "Inventaire du cycle de vie", TABLEAU 5 – TAUX DE COUVERTURE MASSIQUE DE LA LOGISTIQUE AMONT ET DES OPERATEURS DE RANG 1 PRIS EN COMPTE PAR RAPPORT AU TONNAGE GERE PAR ECOSYSTEM POUR L'ANNEE CONSIDEREE - la période de validité est la suivante : "les différents ICV produits sont considérés comme valides pour la période 2014-2022" (cf. synthèse méthodologique sur les ICV de fin de vie)	Ok
39	21	H	Précision	Représentatif au niveau Europe ? Mais le mix vient de France, donc est-ce représentatif pour		Il s'agit d'être représentatif des plastiques issus de DEEE collectés en France, mais uniquement de ceux qui sont envoyés chez des régénérateurs situés en Europe et non partout dans le monde (via acteurs de négoce). Ces ICV ne cherchent à être représentatifs de tous les DEEE générés en Europe.	Ok

				l'ensemble des produits en Europe ?			
40	21	H	Précision	Qu'entendez-vous par meilleure précision mais sans rechercher une précision élevée ?		Par soucis de clarté, la rédaction a été revue : "meilleure précision possible , sans pour autant rechercher atteindre une précision élevée en raison des limites relatives à l'état des connaissances accessibles à la date de réalisation de ces travaux".	Ok
41	21	H	Précision	Quelle part a été identifiée ?	Donner le pourcentage	Cette part est difficilement quantifiable. Ceci est notamment lié au fait que du plastique peut partir en négoce et effectivement quitter le territoire européen, ou revenir / rester sur ce territoire. Ce point est difficile à quantifier à date, et laisse donc une part de flou sur cette quantification précise.	Ok
42	24	I1	méthodologie	L'approche utilisée est d'un point de vue méthodologique pertinente. Est-ce que vous avez regardé s'il existait des publications scientifiques pour appuyer votre choix ?		Ce travail a été conduit dans le cadre de l'étude SCORE-LCA précédemment évoquée. Il a justement montré la diversité des pratiques méthodologiques des travaux préexistants, notamment sur la question de la multifonctionnalité, de la modélisation des matériaux autres que les plastiques, etc. Il peut également être rappelé qu'étudier le cas des DEEE (nombreuses étapes de surtri) ajoute de la complexité par rapport aux études déjà produites	Ok
43	24	I1	méthodologie	Dans l'étude, des bénéfices ont été considérés pour la valorisation énergétique. Mais qu'en est-il pour les plastiques recyclés ciblés ? Quelles seraient vos préconisations ?		Cette question est hors du champ des présent travaux, mais va être traitée par ecosystem dans le cadre d'une autre étude en cours (cf. réponse au commentaire 69)	Ok
44	26	I2	données	Précisez l'apport du modèle électrique créé par rapport à la donnée ecoinvent ?		Le modèle électrique ecoinvent V3.5 pour le pays concerné se basait sur une seule année (2014), qui s'est avérée assez particulière en raison des conditions météo. Il a donc été jugé préférable de partir sur un ICV moyennant 3 années. Il est à noter que la section "I.2 PRODUCTION D'ELECTRICITE" va, pour l'essentiel de son contenu, être transférée en annexe confidentielle (l'implantation géographique des régénérateurs de l'échantillon doit rester confidentielle)	Ok

45	26	J1	données	Il y a un décalage temporel entre les données régénératrices et les données amont. Quel est l'impact sur la cohérence des données ?		La période de validité des ICV fin de vie est 2014-2022, du fait de la stabilité des procédés utilisés pour le traitement. Par ailleurs, des mises à jour ont été apportées en 2018 pour bien prendre en compte les dernières évolutions dans la gestion des fractions, en particulier en ce qui concerne les plastiques. Le système est globalement stable depuis 2018. A noter que les prochains appels d'offres pour sélectionner les prestataires de logistique et de traitement sont prévus en 2021, pour lancement des activités en 2022. Ceci pourrait effectivement modifier un peu le paysage des acteurs avec lesquels ecosystem travaille. La mise à jour des ICV fin de vie se fera à la suite et les ICV plastiques recyclés seront ensuite alignés avec ces dernières données. Rappelons que nous avons veillé à la consistance des données d'arrière-plan en utilisant la même base de données d'ICV (ceci est précisé dans le rapport)	ok
46	27	J2	données	Les technologies écran plat et crt sont très différentes. Comment justifiez-vous d'avoir pris les mêmes étapes amont ?	Détailler le processus	Pour rappel, les étapes amont concernent la collecte & transfert vers les centres de rang 1, les opérateurs de rang 1, les opérations de rang 2 relatives aux fractions plastiques (tri plastiques avec et sans RFB). Contrairement au cas des PAM, du GEMF et du GEMHF (traitement mécanisé par broyage, déchiqueteur par exemple), les écrans plats sont pour une proportion importante démantelés manuellement ou avec l'assistance d'un robot pour désolidariser les vis. Il s'agit donc du flux de DEEE ménagers dont le mode de traitement en rang 1 est le plus proche de celui des écrans CRT. De notre point de vue, c'est donc le moins mauvais proxy.	ok
47	28	J2	données	Redonner les grandes lignes des stratégies d'obtention		Les données prises en considération résultent des apports suivants : - analogie avec certains aspects des opérations de traitement de rang 1 (PAM) tels que consommation d'électricité, de carburants pour les engins et émissions de poussières - validation de cohérence avec valeur ponctuelle collectée obtenue auprès d'un opérateur de rang 2 qui conduit un procédé de séparation des plastiques	ok
48	28	J2	données	Pourquoi le GEMF est localisé en Allemagne ?		Le tableau 7 précise la localisation géographique des opérateurs de rang 2 (les opérateurs de rang 1 du GEMF sont quant à eux situés en France comme précisé dans le rapport). Dans le cas du GEM F, les mélanges métaux/plastiques obtenus par certains opérateurs de rang 1 sont effectivement envoyés chez un opérateur situé en Allemagne. Cela résulte des arbitrages faits par les opérateurs de rang 1, ceux-ci étant libres d'orienter les fractions métaux/plastiques chez les repreneurs de leur choix.	ok
49	28	J2	données	Comment ont été définies les distances ?		Elles ont été définies sur la base de notre retour d'expérience en distinguant des trajets internes à la France et des transports entre la France et des pays européens limitrophes. Nous considérons que les distances proposées sont plausibles.	ok
50	29	J3	données	Ce sont des données ecosystem ?		Il s'agit bien d'informations dont dispose ecosystem. Cette information s'appuyant sur une étude ecosystem qui est confidentielle, le paragraphe sur lequel porte ce commentaire va être retiré du rapport final pour tierce partie et sera mentionné dans l'annexe confidentielle.	ok
51	29	J3	données	Le taux de charges correspond bien aux charges comme le		La réponse à votre question est "oui". Le paragraphe (idem commentaire précédent) sur lequel porte ce commentaire va être retiré du rapport final pour tierce partie et sera mentionné dans l'annexe confidentielle.	Point d'attention : la mise en

				talc et non aux additifs ?			annexe de certaines données peut nuire à la transparence du guide
52	29	J3	données	Pour les pourcentages d'orientation vers les régénérateurs, comment ont été faites les approximations ?		Ces taux ont été établis à partir de la connaissance des fractions sortantes des opérateurs de rang 1, de leur composition, des repreneurs de ces fractions. Ces aspects sont expliqués plus en détail dans la synthèse méthodologique sur les ICV de fin de vie des DEEE.	ok
53	33	K1.3	méthodologie	Quel est le niveau d'incertitudes engendré par les extrapolations ?		Ce niveau peut être significatif, sans qu'il soit possible de le calculer (sinon, nous aurions modélisé les données collectées). Cet aspect a une incidence sur la durée de validité des ICV en revanche. En effet, il est envisagé de considérer comme période de validité, la période 2020-2024	ok
54	34	K1.4	hypothèses	A partir du flux broyé, il ne peut y avoir d'étape intermédiaire avant l'extrusion ?	Préciser si le flux de broyé est prêt à l'emploi	S'agissant des broyés qui sont directement extrudés par les régénérateurs, une étape de surtri a été prise en compte lorsqu'elle est mise en œuvre par le régénérateur et que les données collectées permettent cette prise en compte Pour les broyés pour lesquels il a été nécessaire de procéder par extrapolation pour l'étape d'extrusion/granulation, un surtri a été pris en compte dès lors qu'il est réalisé par le régénérateur de l'échantillon. En revanche, il n'a pas été considéré de surtri réalisé par le régénérateur en aval avant extrusion, l'existence ou non de ce type d'étape intermédiaire n'étant pas connue.	ok
55	36	K2.2.1	données	Est-ce que la maintenance des couteaux de broyeur a été prise en compte ?		L'usure des couteaux a été prise en compte (consommation de matière dont prise en compte de procédés de mise en forme)	ok
56	36	K2.2.1	données	Les MPR retournant aux EEE, l'usage de RF n'a pas été envisagé ? Cet ajout est en général fait par les plasturgistes.		Non, il s'agit de plastiques recyclés ne contenant pas de RF, les régénérateurs ne réalisant pas ce type d'ajout à notre connaissance. La modélisation de l'ajout de RF restera à la charge des utilisateurs de ces ICV, comme l'ajout d'additifs spécifiques à des besoins très particuliers (fibres,)	ok
57	36	K2.2.1	données	Tous les déchets de filtration sont recyclés in-situ ?		La rédaction va être améliorée. En effet, s'il est mentionné "Etapas de formulation – extrusion – granulation" dans le tableau 10 pour les résidus de filtration, c'est pour préciser que ces déchets concernent uniquement ces étapes et non les étapes précédentes (blocs 1 et 2). Les quantités de déchets de filtration recueillies auprès des régénérateurs portent sur des déchets non recyclés en interne mais plutôt envoyés en élimination/incinération.	ok

58	37	K2.2.2	données	Quelle est la part de données manquantes?		Le nombre d'opérateurs concernés par ces données manquantes est déjà précisé dans le TABLEAU 11 – REGENERATION : PRESENTATION DU TYPE DE DONNEES MANQUANTES ET DES APPROXIMATIONS REALISEES, colonne "Nbre concerné".	ok
59	37	K2.2.2	données	Ces éléments sont indiqués comme recyclés dans le tableau 10.		Non, il y a un souci d'interprétation du tableau 10. Celui-ci sera donc revu puisque les commentaires du tableau semblent prêter à confusion quant à leur signification.	ok
60	37	K2.2.2	périmètre	Indiquer également cette exclusion dans le périmètre.		<p>Ce point, relatif aux consommables confidentiels, est déjà mentionné dans les critères de coupure dans le chapitre "Champ de l'étude". Cf. texte "Toutefois, certaines informations demandées lors de la collecte des données ont été peu ou pas renseignées. Il s'agit plus particulièrement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De certains consommables représentant des quantités annuelles consommées moindres par rapport aux principaux consommables (ex : consommables utilisés dans le pré-traitement 21 des eaux usées de process, huiles utilisées pour le fonctionnement des équipements) ou présentant un caractère confidentiel (ex : certains consommables utilisés lors des étapes de tri densimétrique)." <p>De notre point de vue, il est plus adapté de les mentionner dans les critères de coupure plutôt que dans les exclusions car leur non prise en compte ne découle pas d'un choix de les exclure mais d'un enjeu d'accès aux données, qui peut de plus être variable d'un régénérateur à un autre.</p>	ok
61	38	K3.2	données	Indiquer les sources qui ont permis de quantifier les mélanges maîtres. Quel est le pourcentage d'incorporation (donnée p.41) ? Un antioxydant est en général ajouté à la formulation de PP. Les additifs ajoutés vont dépendre de l'application mais certains sont mis par le plasturgiste.		<p>Concernant la formulation d'un mélange maître, seules des informations qualitatives partielles ont été apportées par les régénérateurs (à savoir, présence de noir de carbone ou de dioxyde de titane pour le blanc). Nous avons fait quelques recherches sur des brevets portant sur la préparation de masterbatch contenant soit du noir de carbone, soit du dioxyde de titane, ce qui a montré que les fourchettes de teneurs peuvent être assez larges : 10-65%, 30-85%, 20-50%. Faute d'information plus précise, nous avons retenu la valeur arbitraire de 25% et rendu cette valeur transparente dans le rapport pour en informer le lecteur.</p> <p>Concernant l'ajout d'anti-oxydants, ce type d'additifs n'a pas été déclaré par les régénérateurs dans leurs réponses aux questionnaires.</p>	ok
62	38	K3.3	données	Quelles sont les justifications pour le choix des proxys ? Par exemple pour le floculant	Justifier	Concernant le floculant utilisé par un des régénérateurs, nous avons demandé sa FDS. Il n'a pas été possible de l'obtenir car il s'agit d'une formulation spéciale confidentielle. Le régénérateur nous a toutefois indiqué que ce floculant appartenait à une famille de floculants mise sur le marché par le fabricant R&R Watertechnology, cette famille étant des "cationic polymers". cette précision sera ajoutée dans le rapport final.	ok

63	39	K3.3	données	La composition des boues est issue des données régénérateur ? Waste glass? Quelle est la valeur du PCI ? Et son mode de calcul ?	Préciser la source	<p>Composition des boues fournie de manière approximative par les régénérateurs. Elle comprend initialement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des plastiques - Les polymères cationiques du traitement (floculant) - Du PUR - Du bois - Des inertes de type sable - De l'eau (humidité) <p>Dans cette composition, le PUR, le bois et les plastiques sont considérés comme des flux sortant et non des "charges à comptabiliser". Les impacts de leur traitement ne sont pas pris en compte.</p> <p>Dans le cas du régénérateur envoyant les boues en incinération, le PCI est calculé de la manière suivante :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) PCS anhydre = combinaison des PCS anhydre de chaque matériau à proportion de leur quantité dans le mélange 2) PCI anhydre = PCS anhydre / 1,1 3) PCI brut = PCI anhydre x (100 - % hu) / 100 - 2,443 x %hu / 100, ce second terme correspondant à la consommation d'énergie nécessaire à la vaporisation de l'eau (enthalpie de vaporisation de l'eau) <p>Exemple :</p> <p>Boue = 0,4 polymère + 0,3 inertes + 0,3 eau (en masse) PCS polymère = 36 MJ/kg sec PCS inertes = 0 MJ/sec PCS anhydre boue = (0,4 x 36 + 0,3 x 0) / 0,7 = 20,1 MJ /kg sec boue PCI anhydre boue = 20,1 / 1,1 = 18,7 MJ/ kg sec boue PCI boue = 18,7 x 0,7 - 2,443 x 0,3 = 18 MJ/kg brut boue</p>	ok
64	39	K3.3	données	Quelle est la source pour la donnée de 33MJ/kg?	Préciser la source	<p>La donnée source est la valeur de PCS de 36,29 MJ/kg qui est associée à l'inventaire Waste plastic, consumer electronics {RoW} treatment of, municipal incineration Cut-off, U.</p> <p>Nous avons fait l'hypothèse d'un ratio PCS/PCI de 1,1 ; pour des combustibles conventionnels ce ratio se situe entre 1,05 (charbon) et 1,1 (gaz naturel). Sa valeur vraie dépend de la composition des combustibles (teneur en hydrogène) et de la quantité d'eau qu'ils vont former au cours de la combustion.</p> <p>Nous avons opté plutôt pour le seuil haut des combustibles conventionnels ce qui donne une valeur plutôt minimale de PCI.</p>	ok
65	39	K3.4	données	Expliquer le choix pour les COV		<p>Aux températures de mise en œuvre des plastiques, en particulier des polyoléfinés et des polystyréniques, il peut y avoir formation d'aldéhydes et notamment d'acétaldéhyde, formaldéhyde. Cf. Publication INRS sur la dégradation des plastiques. Ne connaissant pas les proportions possibles des différents COV, nous avons opté pour une simplification, à savoir une assimilation à l'acétaldéhyde dans le rapport provisoire</p>	ok

						Il est proposé de faire évoluer cette simplification dans le cas du PS et de l'ABS, des émissions d'hydrocarbures aromatiques (ex : styrène) étant également possible. la répartition aldéhydes/hydrocarbures aromatiques restera cependant arbitraire	
66	41	K.4	hypothèses	Aucune perte n'a été considérée sur la ligne. Cette hypothèse semble très favorable. C'est une donnée régénératrice ? Est-ce qu'une analyse de sensibilité a été faite sur cette donnée ?		Les pertes sous forme de "résidus de filtration" lors de l'extrusion sont bien prises en compte (prise en compte de leurs étapes amont à l'extrusion et prise en compte de leur fin de vie, à savoir un envoi en incinération avec valorisation énergétique). Comme indiqué en page 41, cela représente de l'ordre de 2% des broyés orientés vers le bloc "formulation / extrusion / granulation".	ok
67	42	K.5	Précision	Pourquoi ne pas compléter avec la matrice Pedigree + incertitude de base ou de la méthode du PEF ? Qu'en est-il de la complétude ? Quelle est la part de DA par rapport aux données ICV ? Quel le niveau de la qualité de données par rapport aux objectifs de l'étude ?	Justifier	<p>Les critères par niveau de notation des grilles types pedigree matrix ou son équivalent PEF ne nous semblent pas toujours pertinents. L'ISO 14040/44 n'imposant pas l'usage de la pedigree matrix, nous préférons retenir le même principe d'échelle de notation et la même liste de critères que le PEF mais en procédant à une évaluation "à dire d'expert" et en expliquant les raisons nous amenant à retenir des notes basses.</p> <p>Nous avons évalué les 4 critères de la formule DQR (data quality rating) du PEF, la complétude n'en fait pas explicitement partie. Nous compléterons le rapport en précisant que nous avons cherché à obtenir une bonne complétude :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en identifiant et en modélisant toutes les étapes successives de la chaîne du recyclage des plastiques recyclés étudiés - en limitant les exclusions et les critères de coupures volontaires - en procédant à des extrapolations pour améliorer le taux de couverture de nos travaux au-delà des seuls régénératrices ayant participé à la collecte des données - en identifiant les données manquantes (entrants/sortants) chez les régénératrices et en adoptant une démarche organisée de traitement des données manquantes à chaque fois que cela était possible <p>Le niveau de qualité des ICV répond aux objectifs de l'étude, à savoir disposer d'une première édition d'ICV dédiés aux plastiques recyclés issus de DEEE tels que souhaités par ecosystem quant aux enjeux de représentativité géographique, de précision notamment. Mais au-delà de cette appréciation globale, une information importante de notre point de vue pour les utilisateurs de ces ICV est de disposer d'une appréciation quant à la capacité de ces ICV à évaluer les impacts communément analysés en ACV. Pour cela, nous avons élaboré le TABLEAU 23 – QUALITE GENERALE DES ICV PRODUITS AU REGARD DE DIFFERENTES CATEGORIES D'IMPACT.</p>	ok

68			Précision	Comment ces données seront mises à jour ?		Il est prévu que les mises à jour de ces ICV soit articulée avec la mise à jour des ICV fin de vie (prévue à partir de 2022). Plusieurs études en cours menées par ecosystem devraient permettre à terme de gagner encore en robustesse sur la collecte des données et la représentativité des ICV plastiques recyclés.	ok
69			Méthodologie	Quelles seraient vos recommandations sur l'usage de l'ICV en terme de prise en compte de bénéfices ?		Effectivement, ces ICV seront mises à disposition des adhérents d'ecosystem et des praticiens ACV. Elles seront aussi réexploitées par ecosystem dans le cadre d'une étude en cours pour estimer les bénéfices environnementaux potentiels du plastique recyclés. Le rapport de cette étude précisera les scénarios utilisés pour la comparaison à matière vierge.	ok