

ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN ENSEMBLE DE PRODUITS RECONDITIONNES

RAPPORT FINAL

**Sept
2022**

REMERCIEMENTS

Christian Brunot (Largo)
Emma Carre (Recommerce)
Marie Castelli (Backmarket)
Sophie Chavignon (Itancia)
Lucylle Dennequin (Dipli)
Rachel Dethier (Sirmiet)
Jean Christophe Estoudre (Sofi Groupe)
Erwann Fangeat (ADEME)
Frédéric Gandon (Largo)
Jean-Lionel Laccoureye (Bak2)
Etienne Lees Perasso (Tide Environnement)
Michel Maggi (Sofigroupe)
Camille Richard (Backmarket)
Regis Robin (Itancia)
François Perabo (Sofi Groupe)
Veronique Vallejo (Le GSM)
Benoit Varin (Recommerce / Rcube)
Hugo Verger (Dipli)
Nicolas Flipo (Recyclea)
Nathalie Isach (Lm Eco Production)
Didier Moiroud (Ingram Micro Services)
Garik Maureemootoo (Emmaus Connect)
Camille Bardou (Emmaus Connect)
Sarah Maisonneuve (Ateliers Du Bocage)
Miryam Nachat (Atoutek)
Alban Regnier (Okamac)
Thomas Bardou (ATF)
Valérie Brouard (ATF)

CITATION DE CE RAPPORT

Auteurs : FANGEAT Erwann, ADEME, Laurent ESKENAZI, Eric FOURBOUL, Hubblo, Julie ORGELET-DELMAS, DDemain, Etienne LEES PERASSO, Firmin DOMON, LCIE Bureau Veritas
2022. Evaluation de l'impact environnemental d'un ensemble de produits reconditionnés – rapport final - 186 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : **2021MA000057**

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : DDemain, Hubblo, LCIE Bureau Veritas
Coordination technique : **ADEME** : FANGEAT Erwann

Direction/Service : DECD / SER

SOMMAIRE	4
GLOSSAIRE	10
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET	12
1.1. Contexte	12
1.2. Objectifs de l'étude.....	13
1.3. Méthodologie	14
1.3.1. Généralités.....	14
1.3.2. Les différentes étapes d'une ACV.....	16
1.3.2.1. Définition de l'objectif et du périmètre	16
1.3.2.2. Analyse de l'inventaire du cycle de vie.....	17
1.3.2.3. Evaluation de l'impact du cycle de vie.....	18
1.3.2.3.1. Sélection, classification et caractérisation des impacts	18
1.3.2.3.2. Normalisation & pondération	18
1.3.2.4. Interprétation des résultats du cycle de vie	19
1.3.2.5. Analyse de sensibilité & incertitude	19
1.4. Déroulement de l'étude.....	19
1.5. Revue critique	19
1.6. Acteurs du projet.....	21
1.6.1. Public visé.....	21
1.6.2. Commanditaires de l'étude et organisation	21
1.7. Validité des résultats.....	21
2. PERIMETRE DE L'ETUDE	22
2.1. Périmètre de l'étude.....	22
2.1.1. Fonction et unité fonctionnelle	22
2.1.2. Frontières du système	23
2.1.2.1. Frontières du système et phases du cycle de vie considérées	23
2.1.2.2. Exclusion.....	25
2.1.2.3. Critère de coupure.....	26
2.1.3. Représentativité temporelle	26
2.1.4. Limite géographique.....	26
2.2. Gestion de la comparaison entre neuf et reconditionné	26
2.2.1. Approche de référence - Approche par substitution	27
2.2.2. Approche alternative - Approche par amortissement.....	28
2.2.3. Calcul des impacts évités.....	30
2.2.4. Scénarisation des usages	30
3. DONNEES ET INDICATEURS D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	31
3.1. Type et source des données	31
3.2. Données relatives aux caractéristiques physiques.....	32
3.2.1. Modèles et caractéristiques techniques de référence	32
3.2.2. Durées de vie considérées	32
3.3. Données relatives aux flux entrants et sortants du processus de reconditionnement	33
3.3.1. Généralités.....	33
3.3.2. Processus de reconditionnement – Acteurs et données collectées.....	34
3.3.3. Données relatives aux transports.....	36
3.3.5. Données relatives à la modélisation des impacts énergétiques en phase d'utilisation	38
3.3.6. Données relatives aux impacts du cycle de vie.....	39
3.3.7. Procédures d'attribution	40
3.3.7.1. Gestion des données manquantes	40
3.3.7.2. Allocations générales – Aggrégation des données.....	40
3.3.7.3. Méthode de création des modèles de reconditionnement.....	41
3.3.7.4. Prise en compte des pièces de seconde main	42
3.3.7.5. Allocation pour la fin de vie	43
3.3.7.5.1. Equipement et sous-ensemble électrique et électronique	43

3.3.7.5.2.	Déchets industriels et ménagers	44
3.3.7.5.3.	Valeurs des facteurs R2 & R3	45
3.4.	Méthodologie AICV et types d'impacts.....	45
3.4.1.	Sélection, classification et caractérisation des impacts.....	45
3.4.2.	Normalisation	48
3.4.3.	Limites planétaires.....	48
3.5.	Outil de modélisation ACV	49
4.	FAMILLE DES SMARTPHONES ET TABLETTES	50
4.1.	Généralités.....	50
4.2.	Définition des modèles de références.....	50
4.3.	Hypothèses et données d'entrée	51
4.3.1.	Cas du reconditionnement	51
4.3.1.1.	Profil des reconditionneurs	51
4.3.1.2.	Caractéristiques par défaut.....	52
4.3.1.3.	Données de collecte par UF	53
4.3.2.	Cas du smartphone neuf.....	54
4.3.2.1.	Caractéristiques par défaut.....	54
4.4.	Résultats.....	55
4.4.1.	Avant-propos	55
4.4.2.	Evaluation des impacts d'un smartphone reconditionné de référence utilisé pendant 1 an... 57	57
4.4.2.1.	Résultats totaux à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage).....	57
4.4.2.2.	Résultats décomposés selon les étapes du cycle de vie	57
4.4.2.3.	Résultats décomposés selon les étapes de reconditionnement.....	58
4.4.2.4.	Intervalle de variation selon les types de reconditionnements	59
4.4.2.5.	Intervalle de variation selon les lieux d'approvisionnement et de reconditionnement....	60
4.4.2.6.	Intervalle de variation des impacts en fonction des reconditionneurs	61
4.4.2.7.	Intervalle de variation en fonction de la durée de vie.....	65
4.4.2.8.	Analyses de sensibilité complémentaires.....	66
4.4.2.8.1.	Focus sur le type d'écran	66
4.4.2.8.2.	Focus sur les batteries	67
4.4.2.8.3.	Focus sur le mode de transport amont	67
4.4.2.8.4.	Focus sur le mode de distribution par le particulier.....	68
4.4.3.	Normalisation des résultats	68
4.4.3.1.	Résultats normalisés – approche habitant du monde.....	68
4.4.3.2.	Résultats ramenés aux limites planétaires.....	70
4.4.4.	Comparaison smartphone neuf et reconditionné	71
4.4.4.1.	Comparaison des impacts de smartphones neufs et reconditionnés – Approche par substitution	71
4.4.4.1.1.	Présentation des résultats pour les scénarios de référence	71
4.4.4.1.2.	Présentation des résultats – Impacts évités.....	71
4.4.4.1.3.	Variantes et intervalles de variation	72
4.4.4.2.	Comparaison des impacts de smartphones neufs et reconditionnés – Approche par amortissement.....	73
4.4.4.3.	Comparaison – Analyse de scénarios comportementaux	75
4.5.	Extrapolation aux tablettes	76
4.5.1.	Données de références	77
4.5.2.	Résultats	78
4.5.2.1.	Impacts d'une tablette reconditionnée de référence à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage).....	78
4.5.2.2.	Comparaison des impacts tablettes neuves et reconditionnées.....	78
4.5.2.3.	Impacts évités par l'acquisition d'une tablette reconditionnée – Approche par substitution	79
5.	FAMILLE DES ORDINATEURS	81

5.1.	Ordinateur portable	81
5.1.1.	Généralités	81
5.1.2.	Définition des modèles de références.....	81
5.1.3.	Hypothèses et données d'entrée	82
5.1.3.1.	Cas du reconditionnement.....	82
5.1.3.1.1.	Profil des reconditionneurs	82
5.1.3.1.2.	Caractéristiques par défaut	83
5.1.3.1.3.	Données de collecte par UF	83
5.1.3.2.	Cas de l'ordinateur portable neuf	85
5.1.3.2.1.	Caractéristiques par défaut	85
5.1.4.	Résultats	86
5.1.4.1.	Avant-propos	86
5.1.4.2.	Evaluation des impacts d'un ordinateur portable reconditionné de référence utilisé pendant 1 an	88
5.1.4.2.1.	Résultats totaux à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage).....	88
5.1.4.2.2.	Résultats décomposés selon les impacts sur le cycle de vie	88
5.1.4.2.3.	Résultats décomposés selon étapes de reconditionnement	89
5.1.4.2.4.	Intervalle de variation selon les types de reconditionnement	90
5.1.4.2.5.	Intervalle de variation des impacts en fonction du reconditionneurs	91
5.1.4.2.6.	Intervalle de variation selon lieux d'approvisionnements et de reconditionnement	96
5.1.4.2.7.	Intervalle de variation en fonction de la durée de vie	96
5.1.4.2.8.	Analyses de sensibilité complémentaires.....	97
5.1.4.3.	Normalisation des résultats	100
5.1.4.3.1.	Résultats normalisés – approche habitant du monde.....	100
5.1.4.3.2.	Résultats ramenés aux limites planétaires	101
5.1.4.4.	Comparaison des impacts des ordinateurs portables neufs et reconditionnés.....	102
5.1.4.4.1.	Comparaison des impacts des ordinateurs portables neufs et reconditionnés - Approche par substitution.....	102
5.1.4.4.1.1.	Présentation des résultats pour les modèles de référence	102
5.1.4.4.1.2.	Présentation des résultats – Impacts évités.....	102
5.1.4.4.1.3.	Variantes et intervalles de variation	103
5.1.4.4.2.	Comparaison des impacts des ordinateur portables neufs et reconditionnés – Approche par amortissement	105
5.1.4.4.3.	Comparaison – Analyse de scenarios comportementaux	106
5.2.	Ordinateur fixe	108
5.2.1.	Généralités	108
5.2.2.	Définition des modèles de références.....	108
5.2.3.	Hypothèses et données d'entrée	109
5.2.3.1.	Cas du reconditionnement.....	109
5.2.3.1.1.	Profil des reconditionneurs	109
5.2.3.1.2.	Données de collecte par UF	110
5.2.3.2.	Cas de l'ordinateur fixe neuf	111
5.2.3.2.1.	Caractéristiques par défaut	111
5.2.4.	Résultats	111
5.2.4.1.	Avant-propos	111
5.2.4.2.	Evaluation des impacts d'un ordinateur fixe reconditionné de référence utilisé pendant 1 an	114
5.2.4.3.	Impacts d'un ordinateur fixe reconditionné de référence utilisé pendant 1 an.....	114
5.2.4.3.1.	Résultats totaux à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage).....	114
5.2.4.3.2.	Résultats décomposés selon les impacts sur le cycle de vie	114
5.2.4.3.3.	Résultats décomposés selon les étapes de reconditionnement	115
5.2.4.3.4.	Intervalle de variation selon les types de reconditionnements.....	116
5.2.4.3.5.	Intervalle de variation des impacts en fonction des reconditionneurs.....	117

5.2.4.3.6.	Intervalle de variations selon lieux d’approvisionnement et de reconditionnement	121
5.2.4.3.7.	Intervalle de variations en fonction de la durée de vie.....	121
5.2.4.3.8.	Analyse de sensibilité complémentaire.....	122
5.2.4.3.8.1.	Focus sur la RAM	122
5.2.4.3.8.2.	Focus sur les disques durs.....	123
5.2.4.4.	Normalisation des résultats	124
5.2.4.4.1.	Résultats normalisés par habitant du monde.....	124
5.2.4.4.2.	Résultats ramenés aux limites planétaires	125
5.2.4.5.	Comparaison des impacts des ordinateurs fixes neufs et reconditionnés.....	126
5.2.4.5.1.	Comparaison des impacts des ordinateurs portables neufs et reconditionnés - Approche par substitution.....	126
5.2.4.5.1.1.	Résultats d’évaluation pour les modèles de référence à l’échelle de la durée de vie	126
5.2.4.5.1.2.	Présentation des résultats – Impacts évités.....	126
5.2.4.5.1.3.	Variantes et intervalles de variations.....	127
5.2.4.5.2.	Comparaison des impacts des ordinateurs fixes neufs et reconditionnés – Approche par amortissement.....	128
5.2.4.6.	Comparaison – Analyse de scénarios comportementaux	130
6.	LIMITES.....	131
7.	CONCLUSIONS.....	133
8.	RECOMMANDATIONS GENERALES	136
9.	ANNEXES	138
9.1.	Rapport de revue critique	138
9.2.	Exemple de fichier de collecte – synopsis	139
9.3.	Données utilisées pour la modélisation	140
9.4.	Données d’impacts – équipements neufs.....	151
9.4.1.	Résumé des données d’entrée	151
9.4.2.	Smartphone	154
9.4.3.	Tablette.....	154
9.4.4.	ORDINATEUR fixe.....	154
9.4.5.	ORDINATEUR portable.....	154
9.5.	Résultats chiffrés complémentaires pour les familles de produit principales.....	154
9.5.1.	Familles des smartphones.....	154
9.5.2.	Famille des tablettes	157
9.5.3.	Famille des ordinateurs portables.....	158
9.5.4.	Familles des ordinateurs fixes	162
9.6.	Résultats d’extrapolation à d’autres familles de produits	166
9.6.1.	Familles des serveurs	166
9.6.1.1.	Généralités	166
9.6.1.2.	Données de références	166
9.6.1.3.	Résultats - Comparaison des impacts serveurs neufs et reconditionnés – approche par substitution.	167
9.6.2.	Familles des consoles de salon.....	169
9.6.2.1.	Généralités	169
9.6.2.2.	Données de références	169
9.6.2.3.	Résultats - Comparaison des impacts consoles neuves et reconditionnées – approche par substitution.	170
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	171
10.	INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	172
	TABLEAUX.....	172
	FIGURES.....	172
11.	SIGLES ET ACRONYMES	174

RÉSUMÉ

La présente étude a pour objet d'évaluer l'impact environnemental multicritère du reconditionnement d'équipements numériques grands publics (smartphones, tablettes, PC fixes et portables) et d'identifier la différence d'impact entre l'utilisation d'un équipement reconditionné par rapport à l'acquisition d'un équipement neuf.

Pour ce faire, nous avons mis en place une approche en 2 temps :

- La création de modèles de références sur la base des données collectées auprès des reconditionneurs
- La scénarisation de ces modèles pour :
- Evaluer l'impact des pratiques de reconditionnement
- Evaluer l'impact des comportements utilisateur

Il apparaît que le reconditionnement permet d'avoir une action significative sur les indicateurs tels que l'épuisement des ressources fossiles et minérales, le dérèglement climatique et la production de DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques)

Pour les différentes catégories de produits, nous avons pu :

- Identifier les contributeurs principaux à l'impact du reconditionnement (logistique d'approvisionnement et de distribution, pratiques associées aux changements de pièce, pratiques de nettoyage)
- Identifier les conditions favorables aux développements d'une filière du reconditionné vertueuses (circuits courts et mode de transport lent, utilisation de pièces de seconde main, reconditionnement de produits ayant eu une première vie longue, optimisation des packagings, suppression des accessoires)
- Identifier les comportements de consommation à favoriser (augmentation des durées de détention, éviter de choisir la dernière génération d'équipements et de faire upgrader toutes les pièces)

Dans le cadre des scénarios de référence, le reconditionnement présente des impacts environnementaux bénéfiques. Cependant, la variabilité des pratiques et des comportements (durée de vie) peuvent conduire à une augmentation des impacts environnementaux, ce que permettent de mettre en avant l'approche par amortissement et l'analyse comportementale.

Il convient donc :

- Pour le consommateur : de faire durer ses équipements et de s'équiper auprès de reconditionneurs locaux de matériels ayant eu une réelle première vie (>2 ans pour les smartphones, >3ans pour les PCs portables)
- Pour le reconditionneur : d'optimiser son processus et de procéder à un reconditionnement éclairé (en terme de nombre et de provenance des pièces) en privilégiant le gisement d'équipements ayant déjà eu une première vie
- Au législateur : de fournir une information sur la première vie, en valorisant les acteurs à l'origine d'une démarche de valorisation de produits « anciens »

ABSTRACT

The aim of this study is to assess the multi-criteria environmental impacts of refurbished consumer digital equipments (smartphones, tablets, PCs and laptops) and to identify the impacts differences between using refurbished equipments and purchasing new equipments.

To do this, we have implemented a two-step approach:

- *The creation of reference models based on data collected from refurbishers*
- *Scenario-building of these models to :*
- *Evaluate the impacts of refurbishing practices*
- *Assess the impacts of user behaviour.*

It appears that refurbishing has a significant impacts on indicators such as the depletion of fossil and mineral resources, climate change and the production of WEEE (waste electrical and electronic equipment)

For the different product categories, we were able to :

- *Identify the main contributors to the impacts of refurbishment (supply and distribution logistics, practices associated with part changes, cleaning practices)*
- *Identify the conditions favourable to the development of a virtuous refurbishing sector (short circuits and slow transport modes, use of second-hand parts, refurbishing of products that have had a long initial life, optimisation of packaging, elimination of accessories, etc.)*
- *Identify the consumption behaviours to be encouraged (increase in the duration of ownership, avoid choosing the latest generation of equipment and having all parts upgraded).*

In the framework of the baseline scenarios, refurbishment has beneficial environmental impacts. However, the variability of practices and behaviours (lifespan) can lead to an increase in environmental impacts, which is what the depreciation approach and behavioural analysis can highlight.

It is therefore necessary to :

- *For the consumer: to make their equipment last and to buy from local refurbishers equipment that has had a real first life (>2 years smartphone, >3 years laptop)*
- *For the refurbisher: to optimise its processes and carry out an informed refurbishing (in terms of number and origin of parts) by favouring equipments that have already had a first life*
- *For the legislator: to provide information on the first life, by valuing the actors at the origin of a process of recovery of "old" products*

Glossaire

ACV-A, attributionnelle (ou analyse par attributs)¹ : ACV dont le système à l'étude est composé de processus élémentaires liés par des flux issus de la technosphère directement attribuables au système. Le système est considéré comme établi (en régime permanent). Les conséquences induites par les alternatives comparées ne remettent pas massivement en cause les chaînes des fournisseurs.

ACV-C, conséquentielle (ou analyse par conséquences)¹ : ACV dont le système à l'étude est composé de processus élémentaires liés par des flux économiques mais aussi des processus affectés indirectement par la mise en place du cycle de vie du produit étudié ou par son changement.

Méthode (d'évaluation environnementale)² : ensemble des règles et des étapes de calcul permettant d'aboutir à l'évaluation de l'impact environnemental d'un système, ayant pour objet de mesurer et d'analyser les effets sur l'environnement afin de prévenir des conséquences dommageables sur l'environnement.

Méthode d'analyse de cycle de vie (ACV)³ : compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie.

Référentiel : ensemble structuré de recommandations (normatives ou non) et de bonnes pratiques, utilisé pour la mise en œuvre d'une méthode dans un contexte, pour une catégorie de produit, ou pour un objectif particulier.

TIC - Technologies de l'Information et de la Communication⁴ : ensemble d'outils et de ressources technologiques permettant de transmettre, enregistrer, créer, partager ou échanger des informations, comprenant notamment les ordinateurs (portable ou de bureau, les terminaux, etc.), l'internet (sites Web, logiciels, blogs et messagerie électronique), les technologies (datacenters, serveurs, etc.) et appareils de diffusion en direct (radio, télévision et diffusion sur l'internet) et en différé (podcast, lecteurs audio et vidéo et supports d'enregistrement) et la téléphonie (fixe ou mobile, satellite, visioconférence, etc.).

Produit reconditionné : Un produit ou une pièce détachée d'occasion peut être qualifié de " produit reconditionné " ou être accompagné du terme " reconditionné ", dès lors que les conditions suivantes sont réunies :

« 1° Le produit ou la pièce détachée a subi des tests portant sur toutes ses fonctionnalités afin d'établir qu'il répond aux obligations légales de sécurité et à l'usage auquel le consommateur peut légitimement s'attendre ;

« 2° S'il y avait lieu, le produit ou la pièce détachée a subi une ou plusieurs interventions afin de lui restituer ses fonctionnalités. Cette intervention inclut la suppression de toutes les données enregistrées ou conservées en lien avec un précédent usage ou un précédent utilisateur, avant que le produit ou la pièce ne change de propriétaire. [Décret n° 2022-190 du 17 février 2022 relatif aux conditions d'utilisation des termes « reconditionné » et « produit reconditionné »]

¹ European Commission Joint Research Center (JRC), ILCD handbook – The International Reference Life Cycle Data System, 2012.

² ADEME. (2020, 07 Octobre). *L'évaluation environnementale dans l'industrie et les services. Outils et méthodes.*

³ International Organization for Standardization (ISO). (2006). *ISO 14040:2006(fr) - Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre.*

⁴ UNESCO. (n.d). *Technologies de l'information et de la communication (TIC).*

1. Contexte et objectifs du projet

1.1. Contexte

Alors que la crise environnementale est de plus en plus palpable, de nouveaux modèles de consommation durable doivent voir le jour. En effet, pour préserver la qualité de notre écosystème, il est nécessaire d'en préserver les ressources, et de conserver celles-ci pour des usages ciblés, au service de la transition écologique.

Or il semblerait que nous soyons en train de passer d'une dépendance aux énergies fossiles à une dépendance aux ressources abiotiques, et qu'une concurrence insoutenable entre société des énergies renouvelables et du numérique se dessine.⁵ La numérisation de la société est un phénomène galopant qui contribue largement à cet antagonisme. En effet, le numérique a gagné tous les plans de notre vie quotidienne : personnel et professionnel. Smartphone pour communiquer, ordinateur pour jouer / travailler, tablette pour apprendre, console pour se divertir, etc. Le taux d'équipements des français, de 15 équipements connectés par personne, est bien supérieur à la moyenne mondiale de 8. Or, les équipements numériques sont parmi les plus complexes à produire et les moins durables⁶. À titre d'exemple, la durée d'usage moyenne d'un smartphone se situe entre 23 et 37 mois⁷ alors que sa production nécessite plus de 50 matériaux différents et l'extraction de plus de 200 kg de matières⁸ (indicateurs MIPS – *Material Input per Service Unit*).

À l'échelle du numérique Européen, ce sont les terminaux utilisateurs qui génèrent la plus forte part d'impact, soit 59 à 88% de l'impact total. Il est donc temps d'agir, et la promotion du reconditionnement semble être une des pistes les plus pertinentes.

Défini d'un point de vu légal seulement en 2022, le reconditionnement a le vent en poupe et il s'invite dans les foyers mais aussi dans les organisations. Un produit reconditionné est un produit ou une pièce détachée d'occasion qui a subi des tests portant sur toutes ses fonctionnalités et s'il y avait lieu a subi une ou plusieurs interventions afin de lui restituer ses fonctionnalités et de supprimer le lien avec son précédent utilisateur (suppression des données)⁹.

⁵ La guerre des métaux rares – Guillaume PITRON

⁶ Le numérique en Europe : Une approche des impacts environnementaux par l'analyse du cycle de vie – 7 décembre 2021 – Etude mandatée par le groupe parlementaire des Verts/ALE – porté par GreenIT.fr avec le consortium NegaOctet

⁷Renouvellement des terminaux mobiles et pratiques commerciales de DISTRIBUTION – ARCEP – Juin 2021

⁸ ADEME. J. Lhotellier, E. Less, E. Bossanne, S. Pesnel. 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 186 pages.

⁹ Décret n° 2022-190 du 17 février 2022 relatif aux conditions d'utilisation des termes « reconditionné » et « produit reconditionné »

Ainsi, grâce au reconditionnement, le consommateur dispose de produits contrôlés sous garantie, qui offrent les mêmes services qu'un produit récent et neuf, à un prix plus faible. Même si les décisions d'achat des consommateurs sont d'abord guidées par le gain économique, elles le sont aussi par l'intuition du gain en termes d'impact environnemental.

Ainsi, l'étude réalisée permet de disposer de données d'impacts environnementaux pour mettre en avant ces produits par rapport à leurs équivalents neufs, et de proposer des voies d'amélioration pour optimiser la performance du reconditionnement pour les équipements numériques.

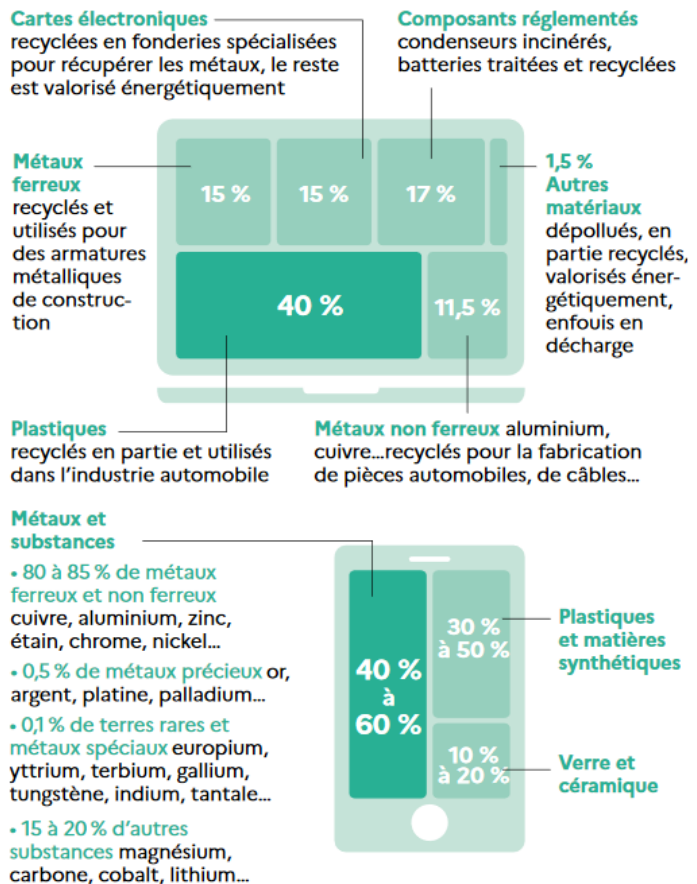
Figure 1 – Composition des smartphones et Ordinateurs - La face cachée du numérique - ADEME 2021

1.2. Objectifs de l'étude

Bien que le reconditionnement ne concerne plus uniquement les équipements de télécommunications, ce secteur reste celui pour lequel ces pratiques sont les plus développées. Ainsi dans le cadre de cette étude, il s'agit d'évaluer l'impact du reconditionnement d'ordinateurs fixes et portables, de smartphones, de tablettes¹⁰. Pour chacune de ces familles de produit, le reconditionnement peut être de plusieurs types : simple nettoyage ou nettoyage avec remplacement de composants. Quoiqu'il en soit le reconditionnement inclut des opérations obligatoires telles que l'effacement des données, le contrôle de la conformité, les tests fonctionnels, la garantie, le service client et le service après ventes, la traçabilité des fournisseurs et des sous/traitants. Il peut être réalisé dans une ou plusieurs localités : France, Europe, Asie, Etats-Unis, etc., ce qui aura un impact sur la logistique en particulier concernant l'acheminement des pièces, la réalisation des opérations de reconditionnement et l'expédition du terminal.

Ainsi, l'ensemble des produits et de leurs variantes reconditionnées est étudié par la suite.

ORDINATEUR PORTABLE ET SMARTPHONE: QUELLES COMPOSITIONS ?



¹⁰ Une estimation complémentaire a été réalisée pour les consoles de jeux vidéos et les serveurs et est présentée en annexes.

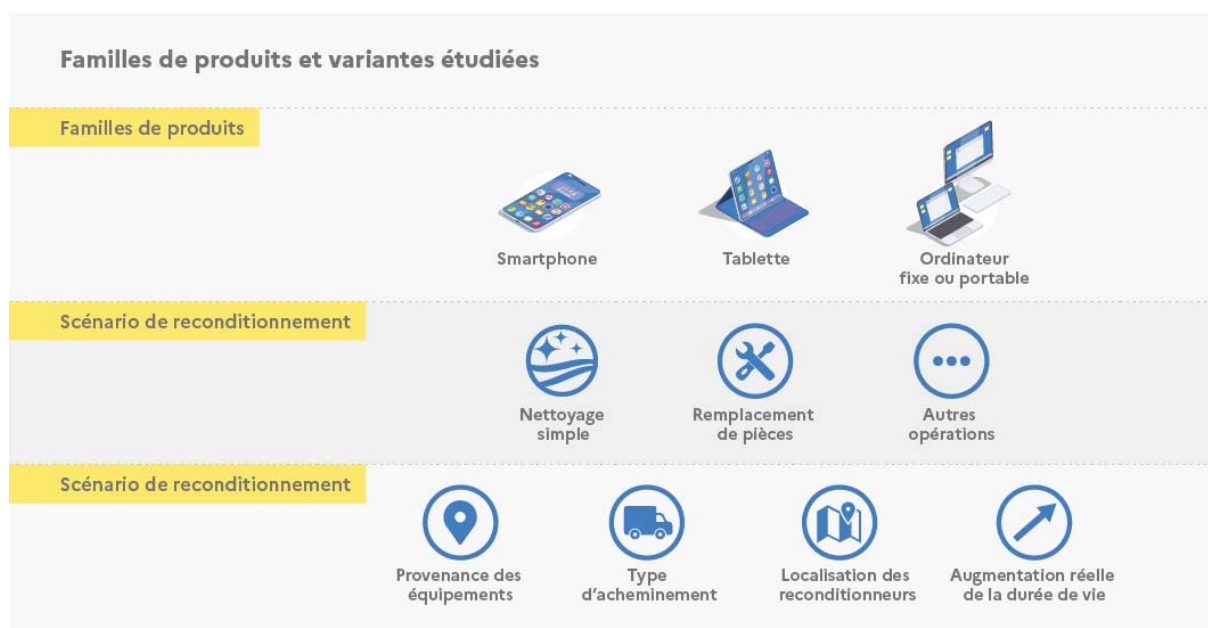


Figure 2 – Familles de produits et variantes étudiées

En s'appuyant sur la méthode de l'analyse du cycle de vie, la présente étude permet :

- D'évaluer la différence d'impact entre l'utilisation d'un équipement reconditionné par rapport à l'acquisition d'un équipement neuf ;
- D'évaluer l'impact environnemental multicritère du reconditionnement d'équipements numériques grands publics (smartphone, tablette, PC fixe et portable) ;
- D'identifier les principaux contributeurs à l'impact environnemental du reconditionnement et de dégager des bonnes pratiques permettant d'amplifier la performance environnementale des opérations de reconditionnement ;
- De comparer les impacts du reconditionnement selon l'origine des produits et le ou les lieux de reconditionnement (France, Europe, Asie, États-Unis, etc.).

1.3. Méthodologie

1.3.1. Généralités

L'analyse du cycle de vie est une méthode utilisée pour évaluer l'impact environnemental de produits, de services ou d'organisations. Il existe d'autres méthodes d'évaluation de l'impact environnemental, telles que l'empreinte carbone ou les études d'impact. Mais l'ACV présente des spécificités qui rendent son approche holistique unique. En effet, utilisée depuis la fin des années 1990 et normalisée dans les séries ISO 14040:2006¹¹ et ISO 14044:2006¹², cette méthode propose d'établir le bagage écologique d'un produit ou service selon plusieurs concepts clés :

Multicritère : plusieurs indicateurs environnementaux sont à considérer de manière systématique en passant par le potentiel de réchauffement climatique, l'épuisement des ressources abiotiques, la création d'ozone photochimique, la pollution de l'eau, de l'air, des sols, l'écotoxicité humaine, la biodiversité. La liste des indicateurs n'est pas fixe mais dépend des secteurs d'activité.

¹¹ ISO 14040:2006 – Management Environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et Cadres

¹² ISO 14044:2006 - Management Environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices

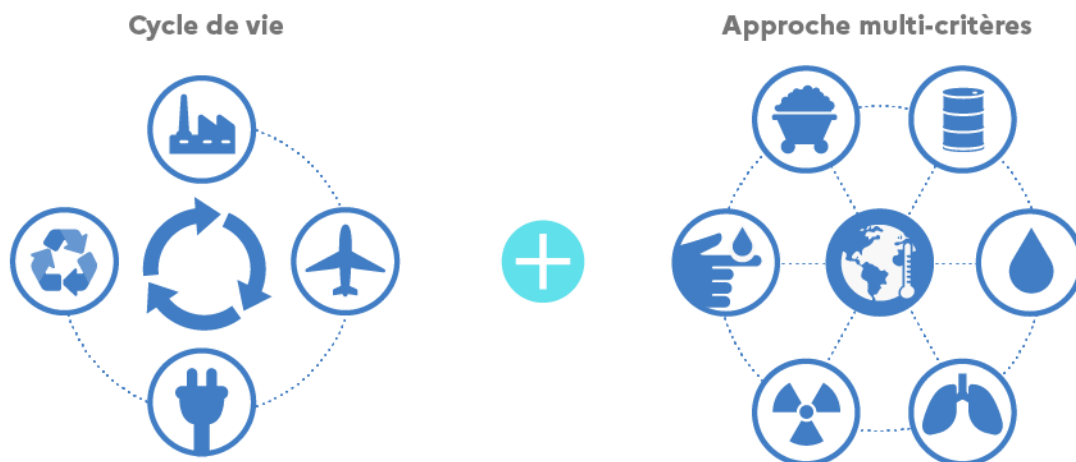


Figure 3 - Fondamentaux de l'analyse du cycle de vie

Cycle de vie : afin d'intégrer les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie des équipements, depuis l'extraction des ressources naturelles (souvent peu accessibles) jusqu'à la production des déchets, en passant par la consommation d'énergie en phase d'usage, etc., on s'attache à avoir une vision de l'ensemble de la vie du service.

Quantitative : chaque indicateur est qualifié de manière chiffrée, afin de pouvoir mettre sur une même échelle l'ensemble des externalités d'un produit ou d'un service, et de prendre des décisions objectives.

Fonctionnelle : l'objet d'étude est défini par la fonction qu'il remplit, afin de pouvoir comparer différentes solutions techniques.

Attributionnelle ou conséquentielle :

- Attributionnelle : elle décrit les impacts environnementaux potentiels qui peuvent être attribués à un système (par exemple un produit) au cours de son cycle de vie, c'est-à-dire en amont de la chaîne d'approvisionnement, en aval de l'utilisation du système, ainsi que lors de sa fin de vie. Elle vise à quantifier les effets directs liés à un système.
- Conséquentielle : elle vise à identifier les conséquences d'une décision sur un écosystème large : conséquences économiques, énergétiques, sociales, etc. Par exemple, on peut s'interroger sur les conséquences du développement des produits reconditionnés sur la filière DEEE, sur la filière des terres rares, sur la relocalisation de l'emploi. Une analyse conséquentielle permet de modéliser le système cible de façon intégrée à ces faisceaux de conséquences. Elle prend en compte les effets indirects liés à un système.

Ainsi, un tel diagnostic environnemental permet d'identifier et d'éviter les transferts de pollution d'une phase à l'autre et également d'un indicateur à un autre.

1.3.2. Les différentes étapes d'une ACV

Comme présenté dans la norme ISO 14040:2006¹³, une étude ACV se compose de 4 étapes interdépendantes :

1. Définition de l'objectif et du périmètre
2. Analyse d'inventaire du cycle de vie (ICV)
3. Analyse d'impact sur le cycle de vie (AICV)
4. Interprétation des résultats du cycle de vie

L'ACV est une technique itérative dans laquelle chaque phase utilise les résultats des autres, contribuant à l'intégrité et à la cohérence de l'étude et de ses résultats. Il s'agit d'une approche holistique et par

¹³ ISO 14040:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

conséquent, la transparence dans son utilisation est cruciale pour assurer une interprétation adéquate des résultats obtenus.

Remarque : l'ACV traite des impacts environnementaux potentiels, et ne prédit donc pas les impacts environnementaux réels ou absolus.

1.3.2.1. Définition de l'objectif et du périmètre

La définition de l'objectif de l'étude doit décrire le but de l'étude et le processus décisionnel pour lequel elle fournira un soutien dans la prise de décision environnementale. L'objectif d'une ACV doit déterminer l'application envisagée, les raisons de la réalisation de l'étude, le public visé, c'est-à-dire les personnes auxquelles les résultats de l'étude sont censés être communiqués et si les résultats doivent être utilisés à des fins comparatives qui seront divulguées au public.

Le périmètre d'une ACV - y compris les limites du système, le niveau de détail, la qualité des données, les hypothèses formulées, les limites de l'étude, etc. - dépend du sujet et de l'utilisation prévue de l'étude. La profondeur et l'étendue d'un champ d'application peuvent varier considérablement selon l'objectif particulier poursuivi.

Une ACV a une approche structurée, relative à une unité fonctionnelle et/ou une unité déclarée. Toutes les analyses ultérieures sont donc liées à cette unité. Si une comparaison est nécessaire - uniquement des produits ou services remplissant la même fonction - il est nécessaire de choisir une unité fonctionnelle référée à la fonction que les produits ou services en question remplissent.

1.3.2.2. Analyse de l'inventaire du cycle de vie

Collecte de données

Cette phase consiste en la collecte de données, et de procédures de calcul pour quantifier les entrées et sorties pertinentes du système à l'étude. Les données à inclure dans l'inventaire doivent être collectées pour chaque processus unitaire considéré, dans les limites du système à l'étude.

Inventaire des flux élémentaires

Dans une ICV, les flux élémentaires doivent être comptabilisés dans les limites du système, c'est-à-dire qu'il faut prendre en compte le flux de matières et d'énergies qui proviennent de l'environnement sans transformations préalables par l'être humain (ex : consommation de pétrole, de charbon, etc.), ou ceux qui visent l'environnement sans autre transformation (ex : émissions atmosphériques de CO₂, SO₂¹⁴, etc.). Les flux élémentaires comprennent l'utilisation des ressources, les émissions atmosphériques, et les rejets dans l'eau et le sol associés au système.

Les données collectées, qu'elles soient mesurées, calculées ou estimées, permettent de quantifier l'ensemble des entrées et sorties de matières et d'énergies des différents processus.

Règles d'attribution et d'affectation

La réalité confirme que peu de procédés industriels produisent une seule sortie. En fait, les procédés industriels produisent généralement plus d'un produit, et/ou des produits intermédiaires pour lesquels les déchets sont recyclés. Dans le cas de la production de plusieurs flux de sortie, l'application de critères d'attribution de la charge environnementale aux différents produits est requise, comme c'est le cas dans l'étude réalisée.

Evaluation de la qualité des données

Les données ACV et ICV liées aux services et équipements numériques restent un défi. La plupart des études inspirées de l'ACV utilisent des données monocritères (telles que l'énergie ou le réchauffement climatique) ou des ensembles de données hétérogènes. Ce projet utilise la base de données NegaOctet. Cette base de données étant en cours de développement et de vérification externe au moment de l'étude (début-2022), l'évaluation de la qualité des données a été proposée pour les données spécifiques utilisées dans l'étude.

Néanmoins, nous avons choisi cette base de données pour plusieurs raisons :

¹⁴ Dioxyde de soufre

- Elle permet la modélisation des sous-ensembles neufs et reconditionnés de manière homogène ;
- La base de données NegaOctet permet de calculer l'ensemble des indicateurs de la méthode E.F.¹⁵ (*Environmental Footprint*), et est en ligne avec les recommandations E.F. 3.0. Cette base de données a été construite par un consortium composé d'expert du numérique et de l'Analyse du cycle de vie, à savoir APL Datacente, DDemain, GreenIT.fr et LCIE. Cette base de données a été mise à disposition de ces clients en mars 2022 et a fait l'objet d'une revue interne et d'une revue externe par la communauté scientifique. La méthode d'élaboration de la base est disponible sur demande ;
- La base de données NegaOctet alimentera la Base Impact de l'Ademe d'ici mars 2022.

Dans l'étude, cette base de données sera complétée par les bases ESR, Ecoinvent 3.6, EIME et ELCD, toutes quatre compatibles entre elles en terme de méthode et de périmètre des données.

1.3.2.3. Evaluation de l'impact du cycle de vie

1.3.2.3.1. Sélection, classification et caractérisation des impacts

Cette phase vise à évaluer l'importance des impacts environnementaux potentiels à partir des résultats de l'inventaire. Ce processus implique la sélection de catégories d'impact et l'association des données d'inventaire avec des catégories d'impact (par exemple le changement climatique) et avec des indicateurs de catégorie d'impact (par exemple le changement climatique dans 100 ans selon le modèle d'impact CML) via le facteur de caractérisation. Cette phase fournit des informations pour la phase d'interprétation.

1.3.2.3.2. Normalisation & pondération

Les résultats numériques des indicateurs peuvent éventuellement être ordonnés, normalisés, regroupés et pondérés. Cette approche permet de faciliter l'interprétation, mais aucun consensus scientifique n'existe sur une manière robuste d'effectuer une telle évaluation.

1.3.2.4. Interprétation des résultats du cycle de vie

L'interprétation est la phase finale de l'ACV.

Lors de celle-ci, les résultats de l'inventaire et/ou de l'évaluation sont résumés et discutés de manière compréhensible. Cette partie est utilisée par les destinataires de l'étude comme base pour les conclusions, les recommandations et la prise de décisions, conformément à l'objectif et au périmètre établis.

1.3.2.5. Analyse de sensibilité & incertitude

Considérant qu'une partie de la collecte de données est basée sur une revue de la littérature, le modèle s'appuie sur des données secondaires qui peuvent être incertaines. Afin de qualifier l'ordre de grandeur de la variation des résultats, une analyse de sensibilité et d'incertitude doit être effectuée.

1.4. Déroulement de l'étude

L'étude a été organisée selon les étapes suivantes :

- Une phase de cadrage commune à l'ensemble des familles de produits à étudier, afin de définir le périmètre de l'étude et d'appréhender le métier du reconditionnement ;
- Une phase pilote de la méthode portant sur les smartphones :
 - Identification des produits de référence ;
 - Collecte des données spécifiques auprès de plusieurs reconditionneurs ;

¹⁵ La méthode E.F. est définie par la Commission Européenne selon la recommandation de la commission du 09 avril 2013 relative à l'utilisation de **méthodes communes pour mesurer et indiquer la performance environnementale** des produits et des organisations sur l'ensemble du cycle de vie (2013/179/UE).

- Développement d'un outil de paramétrage des scénarios de reconditionnement ;
- Création d'un modèle de référence pour le reconditionnement ;
- Evaluation des résultats et analyse des variantes ;
- Revue critique du premier modèle ;
- Déclinaison de la méthodologie sur les autres familles de produits à considérer.

À la fin de chaque phase, une présentation au comité de pilotage a été réalisée.

Une revue par le comité de revue critique a été organisée pour présenter la méthodologie et les résultats pour chaque famille de produit.

1.5. Revue critique

La revue critique est une procédure permettant de certifier que l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est conforme aux normes internationales et compléments nationaux pour répondre aux objectifs de l'étude. Dans le cas présent, c'est la conformité à la norme ISO 14040 et ISO 14 044 qui est visée. Lorsque cela est possible et pertinent dans notre contexte, le cadre méthodologique se référera également à des normes complémentaires telles que :

- ITU L1410 – Méthodologie pour les évaluations environnementales du cycle de vie des biens, réseaux et services des technologies de l'information et la communication¹⁶ ;
- Directives PEF¹⁷ et PEFCR relatives aux équipements IT¹⁸.

La revue critique est réalisée principalement lorsque les résultats sont destinés à être communiqués au public ou lorsqu'il s'agit d'allégations comparatives. Son objectif est de valider la :

- Cohérence entre l'objectif, la collecte des données et les résultats de l'étude ;
- Validité des hypothèses considérées ;
- Validité des résultats de l'étude ;
- Validité de la communication réalisée.

Dans notre contexte, la revue critique vise également à :

- Disposer d'un regard d'un tiers sur les modèles obtenus ;
- Identifier les éléments points clés et limites de l'étude ;
- S'assurer de la pertinence et de la fiabilité des informations considérées ;
- Garantir à l'ADEME que les éléments sur lesquels ils s'appuieront, issus de cette étude, sont robustes, dans les limites des données disponibles.

La revue critique de l'étude conduite pour l'ADEME a été réalisée par :

- Stéphane Le Pochat, EVEA – 1^{ière} itération
- Roland Hischer, EMPA – totalité de la revue

La revue critique s'est déroulée au fil de l'eau suivant les étapes suivantes:

- Cadrage ;
- Discussion et validation des principes généraux autour du cas smartphone ;
- Validation des résultats du cas smartphone ;
- Validation des résultats pour les autres familles de produits.

Le rapport de revue critique est joint à ce rapport, en annexe.

¹⁶ <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410/en>

¹⁷ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf

¹⁸ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_ITequipment_Feb2020_2.pdf

1.6. Acteurs du projet

1.6.1. Public visé

Le public visé est principalement :

- L'ADEME ;
- Les reconditionneurs français et internationaux ;
- Les plateformes de marché ;
- Le grand public.

L'étude finale et les données générées visent à être mises sous licence Creative commons (CC BY-SA) pour permettre un large accès. Les affirmations comparatives seront valables uniquement dans le cadre posé dans cette étude.

1.6.2. Commanditaires de l'étude et organisation

L'étude a été réalisée pour le compte de l'ADEME.

L'ADEME est donc le commanditaire de l'étude et pilote du projet. Afin de garantir la validité des travaux, un Comité de pilotage constitué des organisations professionnelles, entreprises et associations du secteur du reconditionnement a été monté.

Pour la partie technique ACV, le projet a été piloté par DDemain et sa réalisation a été assurée par DDemain, Hubblo et LCIE.

La revue critique a été pratiquée par Eeva et par l'EMPA.

Rôles et responsabilités des acteurs de l'étude



Figure 4 – Rôles et responsabilités des acteurs de l'étude

1.7. Validité des résultats

Les résultats ne sont valables que pour la situation définie par les hypothèses décrites dans ce rapport. Les conclusions peuvent changer si ces conditions diffèrent. La pertinence et la fiabilité d'une utilisation par des tiers ou à des fins autres que celles mentionnées dans ce rapport ne peuvent donc être garanties par les praticiens de l'ACV.

Il est donc de la seule responsabilité du commanditaire.

2. Périmètre de l'étude

2.1. Périmètre de l'étude

Dans le cadre de notre étude, l'objectif est de proposer une évaluation des impacts environnementaux de produits électroniques reconditionnés, et de permettre la comparaison de ceux-ci avec des produits neufs.

L'étude porte prioritairement sur les impacts directs du reconditionnement. Une réflexion quant à certains impacts indirects a été amorcée (notamment concernant la tendance à la surperformance) mais pourrait être prolongée (impact du développement de la filière du reconditionnement sur la filière de fin de vie, sur le marché de l'emploi en France, sur la relocalisation de certains impacts, etc.). Il s'agit donc ici d'une ACV attributionnelle.

Les paragraphes suivants fournissent des détails sur le périmètre de l'étude, c'est-à-dire :

- Unité fonctionnelle ;
- Limites du système : inclusion, exclusion, critère de coupure ;
- Représentativité géographique, temporelle et technologique ;
- Phase du cycle de vie considérée ;
- Impact environnemental quantifié, méthodes de caractérisation ;
- Types et sources des données ;
- Exigences de qualité des données.

2.1.1. Fonction et unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle est l'unité de référence utilisée pour relier les entrées et les sorties, ainsi que les performances environnementales d'un ou plusieurs systèmes de produits. Nous avons considéré l'unité fonctionnelle suivante :

'Posséder et utiliser un équipement pendant un an'

L'ensemble des impacts considérés sera ramené à une année d'usage. Nous diviserons donc les impacts environnementaux par le nombre d'années d'usage associé au cycle de vie :

$$\text{Impacts environnementaux annuels déclarés} = \frac{\text{Impacts environnementaux calculés sur la durée du cycle de vie considérée}}{\text{Durée d'usage associée au cycle considéré}}$$

Les durées d'usage peuvent être différentes pour les produits neufs et reconditionnés.

2.1.2. Frontières du système

2.1.2.1. Frontières du système et phases du cycle de vie considérées

Au cours de cette étude, nous considérons les éléments suivants :

- L'étape de production comprend :
 - Pour les équipements neufs : l'extraction des matières premières, les transports amont, les procédés de fabrication ;
 - Pour les équipements reconditionnés : la collecte des équipements hors d'usage, l'approvisionnement de équipements à remettre en état, le processus de reconditionnement, la production des pièces de rechanges, l'élimination des pièces usagées.

- L'étape de distribution comprend :
 - La fabrication du packaging et des accessoires ;
 - La distribution entre le producteur (fabricant ou reconditionneur) et le distributeur (première plateforme logistique) ;
 - Le déplacement de l'utilisateur final, ou le scénario de distribution vers le lieu d'utilisation.
- L'étape d'utilisation comprend :
 - La consommation d'électricité induite par l'utilisation en France.
- L'étape de fin de vie (modélisée uniquement pour le produit neuf) comprend :
 - La collecte des équipements hors d'usage ;
 - Le prétraitement de l'équipement ;
 - L'élimination de la fraction non valorisée : incinération, mise en décharge.

Dans le cadre de notre étude, pour des raisons de comparaison et de pertinence, les étapes suivantes sont exclues :

- Service Après Vente et Service client ;
- Présentation en magasin ;
- Fin de vie des équipements n'ayant pas fait l'objet d'un reconditionnement : afin d'éviter les doubles comptages, la fin de vie des équipements approvisionnés par les reconditionneurs mais non traités est exclue du système puisqu'associée à la mise sur le marché de l'équipement neuf.

NOTE 1 - À ce jour, nous ne sommes pas en mesure de réaliser des mesures de consommations fiables entre les différents types de terminaux, les données utilisées pour caractériser la phase d'usage sont des données moyennes visant à apporter un ordre de grandeur de l'impact relatif de la phase d'usage par rapport à la phase de production.

NOTE 2 – Dans le cadre d'une étude des effets indirects, il pourrait être intéressant de prendre en considération un scénario d'usage différencié entre un téléphone basique (unifonctionnel), un smartphone (appel, sms, réseau sociaux, etc) et un smartphone très performant (appel vidéo, sms¹⁹, message vocaux, film en HD, etc.).

NOTE 3 – Dans l'approche par substitution, les impacts de fin de vie sont attribués au cycle de vie de l'équipement neuf. On considère que le reconditionnement entraîne un décalage dans le temps de cette fin de vie qui reste attribué au premier cycle de vie de l'équipement.

Concernant le reconditionnement, une collecte de données primaires a été réalisée sur l'ensemble du processus de reconditionnement pour tous les reconditionneurs.

¹⁹ Short Message Service

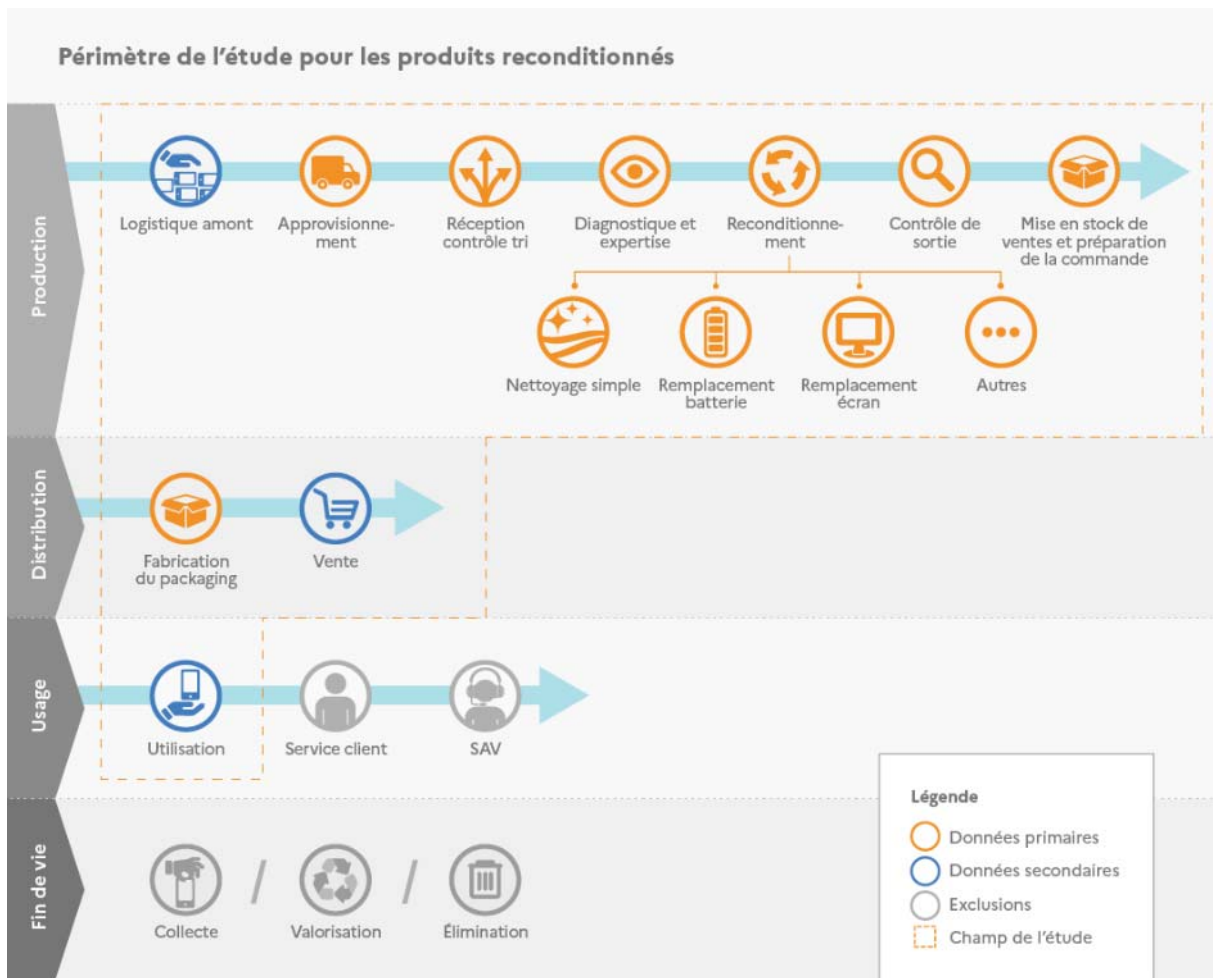


Figure 5 – Périmètre de l'étude pour les produits reconditionnés

Concernant les produits neufs, des données génériques paramétrables issues du projet NegaOctet ont été prises en considération. Le choix des modèles de référence a été fait en accord avec les reconditionneurs et en fonction de leurs statistiques de ventes 2020.



Figure 6 – Périmètre de l'étude pour les produits neufs

2.1.2.2. Exclusion

Lors de la collecte des données, les flux suivants ont été exclus de l'étude :

- L'éclairage, le chauffage, l'assainissement et le nettoyage des installations produisant les équipements, (dans certains cas, cette donnée n'a pas pu être dissociée et a donc été intégrée) ;
- Le transport des salariés, considéré en dehors des frontières de l'étude ;
- La fabrication et la maintenance des outils de production ;
- La construction et la maintenance des infrastructures ;
- Les flux des services administratifs, de gestion et de R&D ;
- La commercialisation des produits ;
- La restauration du personnel.

De manière plus spécifique à cette étude, nous avons exclu :

- Les impacts associés au contrôle sourcing ;
- Les impacts associés aux points de vente et lieu de stockage ;
- Les consommations de données, de ressources associées à la phase d'utilisation ;
- La production des équipements de protections des équipements : coque, écran de protection, sacoche, etc ;
- La production des accessoires annexes tels que manettes de jeux vidéos, etc.

2.1.2.3. Critère de coupure

Généralement, la modélisation environnementale doit couvrir un pourcentage défini (supérieur ou égal à 95%) des équipements ou des systèmes :

- La masse des flux intermédiaires non pris en compte doit être inférieure ou égale à 5% de la masse des éléments du produit de référence correspondant à l'unité fonctionnelle ;
- Les flux énergétiques non pris en compte doivent être inférieurs ou égaux à 5% de l'énergie primaire totale utilisée pendant le cycle de vie du produit de référence correspondant à l'unité fonctionnelle.

2.1.3. Représentativité temporelle

Les données collectées auprès de reconditionneurs ont été recueillies en 2021 pour l'ensemble de l'année 2020. À noter que la crise sanitaire a pu avoir un fort impact sur l'activité de certains d'entre eux. Lorsque c'était le cas, les données ont été collectées sur l'année 2019.

Afin de garantir une bonne représentativité des données recueillies, la collecte a porté sur 1 an.

2.1.4. Limite géographique

Cette étude porte sur le reconditionnement d'équipements numériques grand public en France ou à l'étranger, et mis sur le marché en France.

2.2. Gestion de la comparaison entre neuf et reconditionné

La comparaison a été réalisée en considérant deux approches :

- Une approche par substitution (approche de référence) – Aucune charge n'est attribuée au produit reconditionné par rapport à sa première vie et on considère que l'achat de celui-ci remplace totalement la production d'un équipement neuf ;
- Une approche par amortissement (approche alternative) – Si le reconditionnement intervient avant la fin de première vie théorique de l'équipement, une partie de l'impact de la production de l'équipement neuf est réattribuée à l'équipement reconditionné.
- En complément, différents profils de consommation ont été scénarisés afin d'orienter des choix de consommation sur le long terme

2.2.1. Approche de référence - Approche par substitution

Approche de référence – Une approche faisant état d'une substitution d'un produit neuf par un produit reconditionné. Nous sommes partis du postulat de base que la mise sur le marché d'un équipement reconditionné permettait d'éviter la production d'un équipement neuf. En complément, il a été considéré que les impacts associés au traitement en fin de vie de l'équipement était à associer à la production de l'équipement neuf, le reconditionnement ne permettant pas d'éviter la fin de vie mais décalant celle-ci dans le temps.

$$\text{Impact environnemental du produit reconditionné (par an)} = \frac{\text{Imp}_{\text{prodrecon}} + \text{Imp}_{\text{distribrecon}} + \text{Imp}_{\text{usagerecon}}}{D_{\text{usage recond}}}$$

Avec

$Imp_{prodrecon}$ – Impact production du produit reconditionné

$Imp_{distribrecon}$ – Impact distribution du produit reconditionné

$Imp_{usagerecon}$ – Impact usage du produit reconditionné

$D_{usage recon}$ – Durée d'usage de l'équipement reconditionné

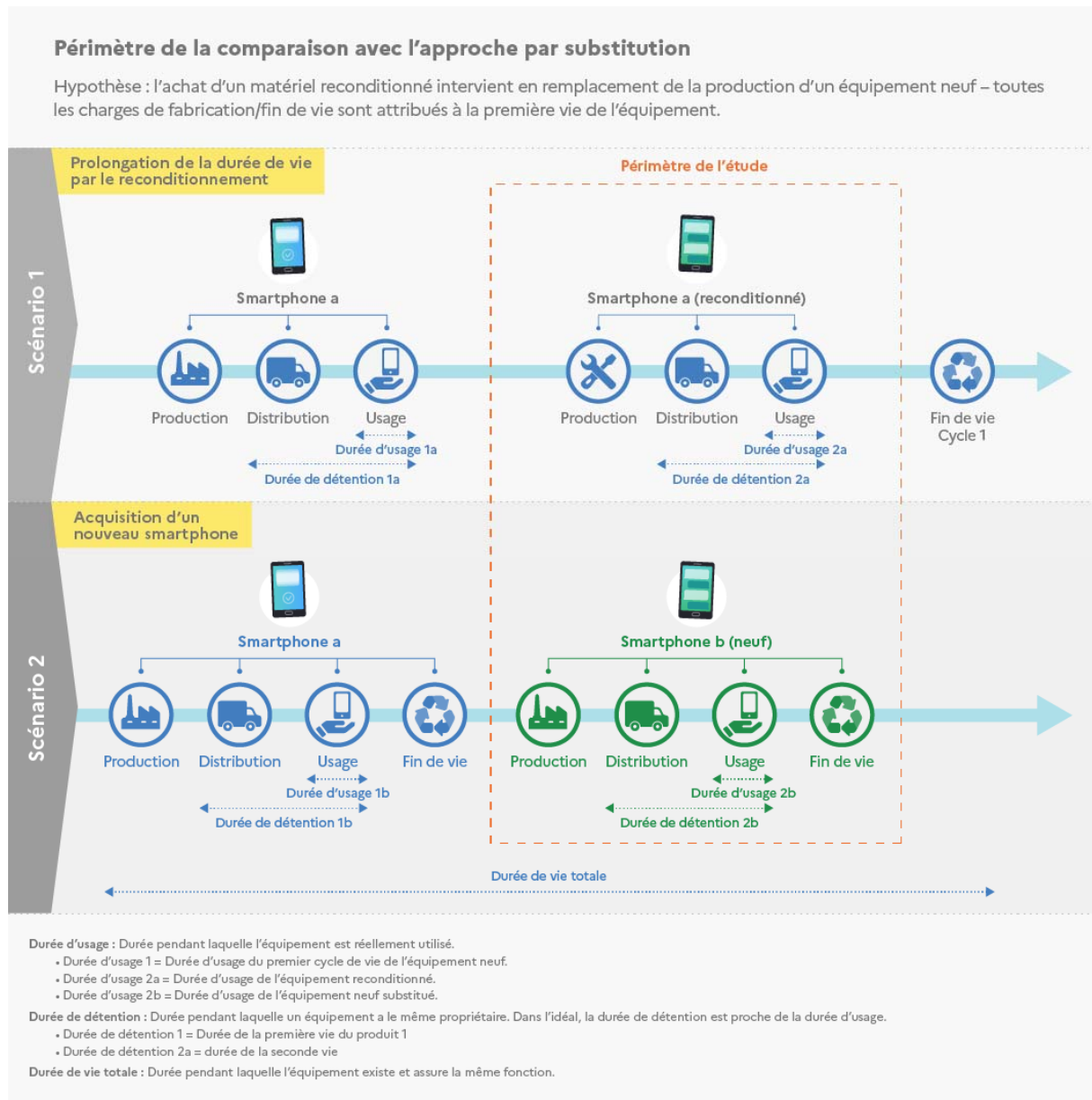


Figure 7 – Périmètre comparé entre produit neuf et reconditionné dans le cadre d'une approche par substitution (exemple smartphone).

2.2.2. Approche alternative - Approche par amortissement

Le premier modèle pouvant inciter le consommateur à renouveler son équipement plus régulièrement et ne favorisant pas forcément l'augmentation de la durée de vie globale d'un équipement, une seconde approche a été proposée.

Cette approche consiste à reporter et amortir une partie des impacts de la production et de la fin de vie de l'équipement du neuf sur le produit reconditionné, si le reconditionnement intervient avant la fin de durée d'usage théorique du premier cycle. Cette approche permet :

- De distinguer les acteurs qui reconditionnent des produits plus anciens et à moins fortes valeurs économiques, de ceux qui favorisent les produits à fortes valeurs monétaires mais à première vie plus courte ;
- D'orienter les consommateurs vers des produits et des pratiques avec le moins d'impacts possibles et ainsi d'éviter l'effet rebond et la sur-consommation.

L'utilisation de cette approche permet de répondre à un point souligné par l'ARCEP dans son rapport « Renouveau des terminaux mobiles et pratiques commerciales de distribution de juin 2021 » et visible au travers des collectes de données réalisées dans le cadre de cette étude qui est le suivant :

- Aujourd'hui, une part non négligeable d'équipements n'est pas collectée en France. Le gisement d'équipements à reconditionner provient majoritairement de l'étranger, ce qui limite une circularité locale ;
- Les marchés qui approvisionnent le marché du reconditionné sont les marchés US et asiatiques, qui se caractérisent par une surconsommation de terminaux associée à une politique agressive de renouvellement annuel (notamment concernant les smartphones). À ce stade, le reconditionnement est donc basé sur la logique de surproduction.

L'impact du reconditionnement dans le cadre d'une logique d'amortissement de la première vie est calculé de la manière suivante :

$$Impact_{reconditionné UF} = \frac{Impact_{reste \text{ à charge } 1^{ère} \text{ vie neuf}} + Impact_{reconditionnement}}{Durée d'usage_{reconditionné}} + Impact_{Usage \text{ annuel}}$$

avec:

$$Impact_{reste \text{ à charge } 1^{ère} \text{ vie neuf}} = \frac{Impact_{fab+fin \text{ de vie neuf}}}{D_{1theorie}} \times (D_{1theorie} - D_{1réelle})$$

$D_{1theorie}$ = Durée d'usage de première vie théorique constatée sur le marché

= Durée d'usage au delà de laquelle on peut considérer que le reconditionnement permet systématiquement un allongement de la durée de vie

$D_{1réelle}$

= Durée d'usage de première vie réelle

= Durée d'usage avant collecte et changement de propriétaire

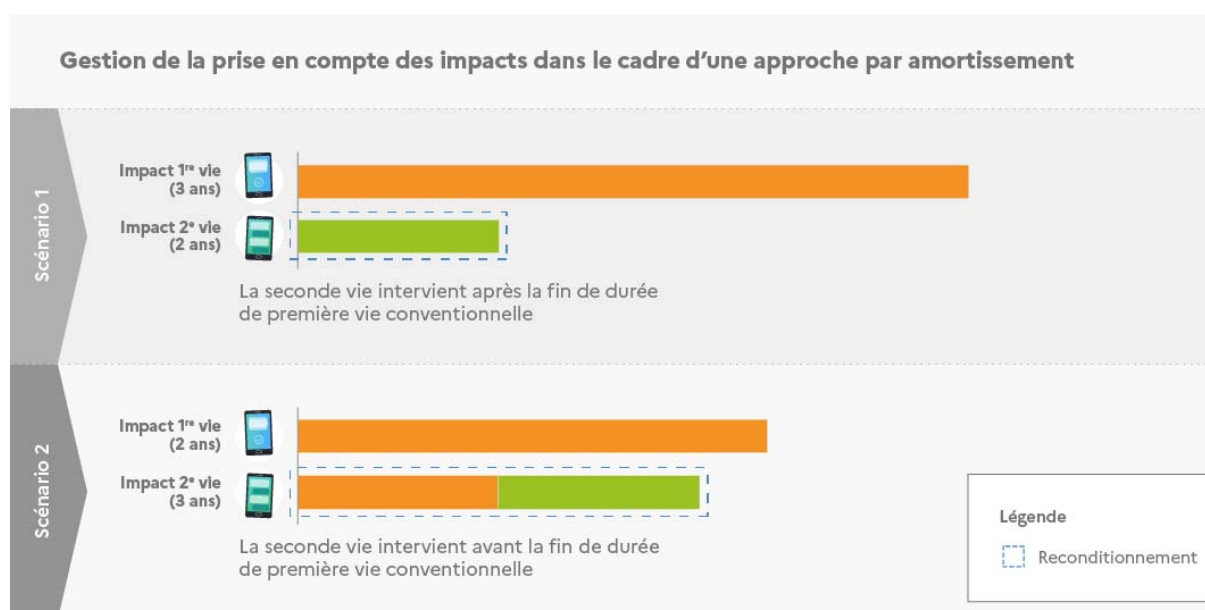


Figure 8 – Gestion de la prise en compte des impacts dans le cadre d'une approche par amortissement.

2.2.3. Calcul des impacts évités

- Un calcul en impacts évités a aussi été réalisé. Ce calcul suppose que l'acquisition d'un équipement reconditionné évite la production d'un équipement neuf ou la diffère dans le temps (si les durées d'usage neuf et reconditionné ne sont pas totalement équivalentes).
- Ce calcul considère que l'acquisition d'un équipement reconditionné reporte ou évite la production d'un équipement neuf. Cette non-production totale ou partielle de l'équipement neuf est décomptée afin de mettre en valeur les bénéfices associés à cet évitement ou ce report.

$$\text{Impacts évités annualisés} = \frac{\text{Impact équipement reconditionné}}{\text{Durée d'usage de seconde vie}} - \frac{\text{Impacts équipement neuf}}{\text{Durée d'usage de première vie}}$$

2.2.4. Scénarisation des usages

Pour illustrer l'impact des approches et des usages, différents comportements de renouvellement ont été simulés afin d'identifier des comportements plus ou moins vertueux. Ces simulations ont été adaptées à la famille d'équipement.

Pour les smartphones et les tablettes, nous avons identifié 6 grands types de consommateur et scénarisé leurs impacts sur une période de 6 années :

- L'acheteur compulsif de smartphone/tablette reconditionné/e mais récent : achat tous les 2 ans d'un smartphone/tablette datant d'un an ;
- L'acheteur raisonnable de smartphone/tablette reconditionnée : achat tous les 2 ans d'un smartphone/tablette datant de 2 ans ;
- L'acheteur vertueux de smartphone/tablette reconditionné/e : achat tous les 3 ans d'un smartphone/tablette datant de plus de 3 ans ;
- L'acheteur compulsif de smartphone/tablette neuf : achat tous les ans ;
- L'acheteur raisonnable de smartphone/tablette neuf : achat tous les 3 ans ;
- L'acheteur vertueux de smartphone/tablette neuf : achat tous les 6 ans.

Pour les ordinateurs portables et fixes, nous avons modélisé 6 comportements d'achats sur une période de 10 années ont été modélisés :

- l'acheteur régulier d'ordinateur reconditionné mais récent : achat tous les 3 ans d'un ordinateur datant de 2 ans.
- l'acheteur raisonnable d'ordinateur reconditionné : achat tous les 4 ans d'un ordinateur datant de 3 ans.
- l'acheteur vertueux d'ordinateur reconditionné : achat tous les 5 ans d'un ordinateur datant de plus de 5 ans.
- l'acheteur raisonnable d'ordinateur neuf : achat tous les 5 ans.
- l'acheteur vertueux d'ordinateur neuf : achat tous les 8 ans.
- l'acheteur compulsif d'ordinateur neuf : achat tous les 3 ans.

3. Données et indicateurs d'impacts environnementaux

3.1. Type et source des données

Le calcul d'ACV nécessite trois types d'informations différentes :

- Des données liées aux **caractéristiques physiques et d'usages** des systèmes à considérer (comme les paramètres techniques des équipements de références : taille de l'écran, RAM, etc. et les durées de vie à prendre en compte). Pour ce projet, ces données sont issues des statistiques de ventes propres aux reconditionneurs ;
- Des données liées aux **flux entrants et sortants du processus de reconditionnement**. Celles-ci sont directement issues de collectes de terrain auprès de plusieurs reconditionneurs ;
- Des données relatives aux **impacts du cycle de vie** des équipements informatiques, ou des flux d'énergies entrant dans le système considéré. Ces données sont issues des bases de données disponibles dans le logiciel EIME :
 - Dans sa base de données génériques ;
 - Dans la base de données issues du projet NegaOctet²⁰ et qui a fait l'objet d'une revue critique ;
 - Dans la base de données Ecoinvent version 3.6 lorsque les données étaient manquantes ou obsolètes.
 - Dans la base de données ELCD

3.2. Données relatives aux caractéristiques physiques

3.2.1. Modèles et caractéristiques techniques de référence

Les données relatives aux caractéristiques techniques des équipements sont issues :

- Pour le choix des modèles de référence reconditionné : des statistiques de vente 2020 des reconditionneurs ;
- Pour le choix des modèles de référence neufs : des données de marché utilisées dans le cadre de l'étude ADEME-ARCEP, Impact environnemental du numérique en France, parue en décembre 2021.

3.2.2. Durées de vie considérées

Définir la durée de vie d'un équipement électrique et électronique n'est pas chose facile alors que c'est un aspect central de l'évaluation des impacts environnementaux du produit. Dans la présente étude, le paramètre clé pris en considération est la durée d'usage. Cette durée d'usage, telle que définie dans l'étude sur la durée de vie des équipements électriques et électroniques²¹ correspond au laps de temps pendant lequel le produit est utilisé i.e. en état de marche et prêt à l'emploi, par un utilisateur donné. Les durées d'usage ne sont pas connues de manière précise. Le tableau ci-dessous présente les données identifiées issues de la littérature. Ces données ne font pas état d'éventuels changement de propriétaires ou de reconditionnement.

	Smartphone	Tablette	ORDINATEUR fixe	ORDINATEUR portable
--	------------	----------	-----------------	---------------------

²⁰ Negaoctet.org

²¹ 2012; ÉTUDE SUR LA DURÉE DE VIE DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par BIO Intelligence Service S.A.S. (Shailendra Mudgal – Benoît Tinetti – Thibault Faninger – Sarah Lockwood – Gina Anderson) Coordination technique : Erwann Fangeat - Service Filières REP et Recyclage - Direction Consommation Durable et Déchets - ADEME Angers

Durée d'usage totale issues de la littérature	20 mois à 6 ans ¹⁹	5 ans ¹⁹	3 à 12 ans ¹⁹	5 à 8 ans ¹⁹
---	-------------------------------	---------------------	--------------------------	-------------------------

Tableau 1 – Durées de vie identifiées dans la littérature

Ainsi, les durées considérées dans cette étude sont issues d'avis de professionnels, d'analyses de marchés et d'analyses de la bibliographie afin d'obtenir une scénarisation réaliste. Une analyse de sensibilité sur ces données a été réalisée ainsi qu'une analyse comportemental de renouvellement.

	Smartphone	Tablette	ORDINATEUR fixe	ORDINATEUR portable
Durée d'usage 1 – produit neuf	3 ans	3 ans	5 ans	5 ans
Durée d'usage 2 – produit reconditionné	2 ans	2 ans	3 ans	3 ans

Tableau 2 – Durées de vie considérées dans le cadre des études

3.3. Données relatives aux flux entrants et sortants du processus de reconditionnement

3.3.1. Généralités

Pour chaque étape du synopsis, les données à traiter sont les suivantes :

Flux entrants :

- Scénario d'approvisionnement : masses des équipements, masses et matières des emballages d'expéditions, distances parcourues, modes d'approvisionnements, taux de charge ;
- Données de consommations par étape du processus :
 - Energies : Electricité, Gaz, etc. ;
 - Eau ;
- Consommations de matériaux auxiliaires :
 - Consommations de détergent ;
 - Consommations de chiffon ;
- Approvisionnements et productions des pièces de rechange ;
- Approvisionnements et productions des accessoires ;
- Approvisionnements et productions des matériaux d'emballages.

Flux sortants :

- Traitements des déchets d'emballages ;
- Traitements des déchets de nettoyage ;
- Traitements de fin de vie des pièces usagées ;
- Emissions dans l'air.

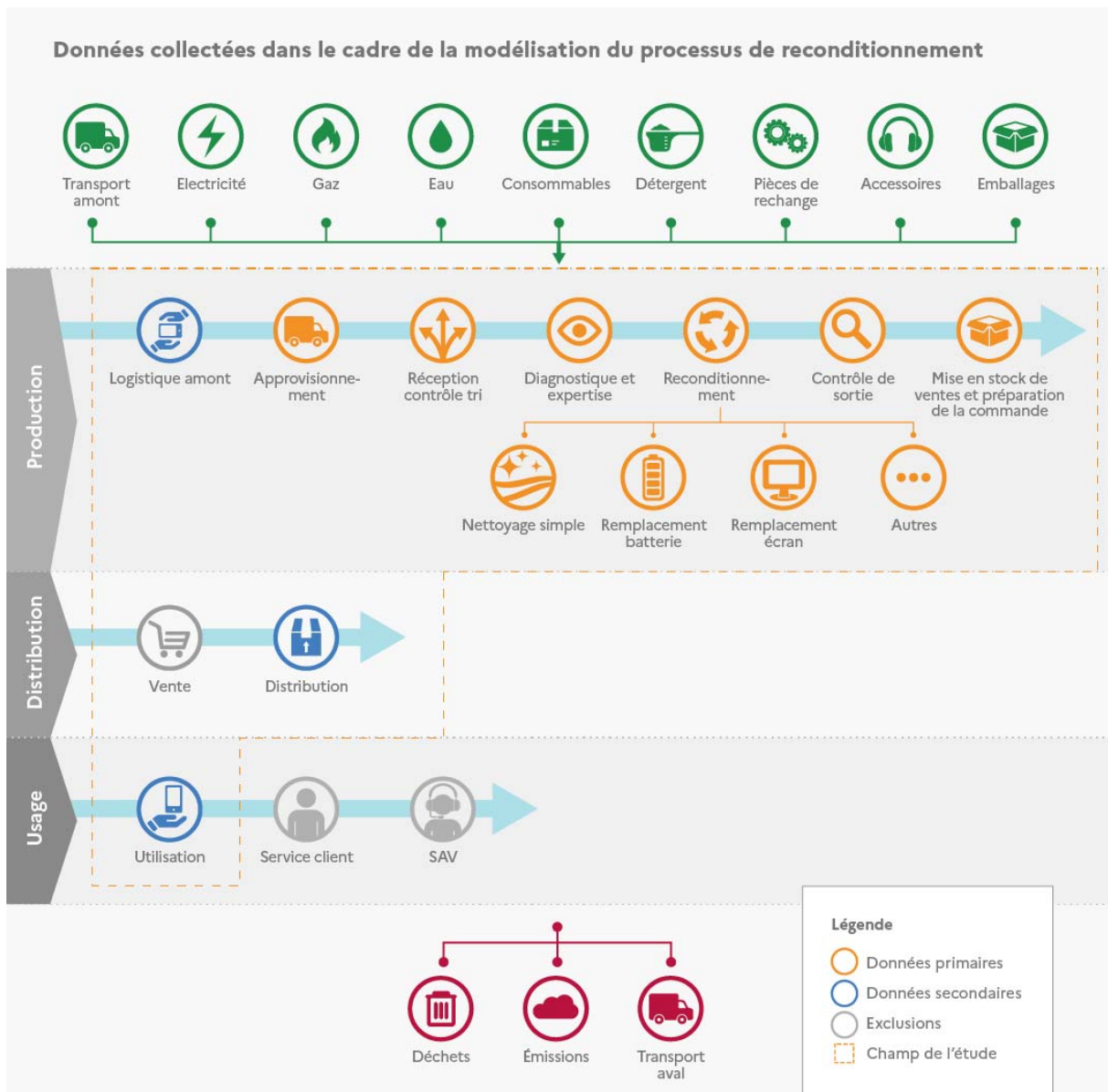


Figure 9 – Données collectées dans le cadre de la modélisation du processus de reconditionnement

3.3.2. Processus de reconditionnement – Acteurs et données collectées

Le synopsis de reconditionnement est décrit ci-dessous, il est valable pour chaque famille d'équipement :

Etape	Description	Type de données
PRODUCTION		
Etape 0 – Logistique Amont – Collecte depuis les utilisateurs de la vie précédente vers le centre de massification	Cette étape correspond à la collecte des équipements chez les particuliers/professionnels jusqu'au premier centre de massification. Elle comprend un transport unitaire ou en lot depuis le domicile/lieu de travail de l'utilisateur et un transport massifié du point de collecte vers le centre de massification.	Données secondaires – Scénario par défaut
Etape 1 – Approvisionnement – Du centre de massification vers le reconditionneur	Cette étape correspond au transport depuis le massificateur vers le reconditionneur ainsi qu'au traitement de fin de vie des emballages dans lesquels les équipements sont approvisionnés.	Données primaires complétées et moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs
Etape 2 – Réception/Contrôle/Tri	Cette étape correspond à la réception et au contrôle des produits au déchargement <i>via</i> transporteur, à l'effacement des données, au contrôle de l'identité des produits. Les impacts associés à cette étape sont les impacts du site de reconditionnement.	Données primaires complétées et moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs
Etape 3 – Diagnostic/Expertise	Cette étape correspond à l'analyse fine des dysfonctionnements des appareils. Les impacts associés à cette étape sont les impacts du site de reconditionnement.	Données primaires complétées et moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs
Etape 4A – Reconditionnement des équipements	Cette étape correspond à la réparation et mise en état des équipements.	Données primaires complétées et moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs
Etape 4.1 – Contrôle/Réinitialisation Etape 4.2 – Nettoyage Etape 4.3 – Remplacement Ecran Etape 4.3 – Remplacement Batterie Etape 4.3 – Autres		Données primaires complétées et moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs. Extrapolation du type de pièces en fonction des modèles de référence.
Etape 4B – Reconditionnement des pièces d'occasions	Cette étape correspond aux impacts du reconditionnement des pièces d'occasion (il peut être fait par un prestataire externe).	Considéré identique au procédé de reconditionnement d'un équipement complet
Etape 5a – Mise en stock de vente - Contrôle de sortie	Cette étape correspond au contrôle de sortie avant mise sur le marché. Ces impacts sont inclus dans la consommation du site.	Données primaires complétées et moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs
Etape 5b – Mise en stock de ventes et préparation de la commande	Cette étape comprend l'intégration des accessoires et du packaging ainsi qu'au transport du lieu de reconditionnement vers le reconditionneur si différent.	Données primaires moyennées sur l'ensemble des reconditionneurs
DISTRIBUTION		
Etape 6 – Distribution	Cette étape comprend : <ul style="list-style-type: none"> - Le transport vers le centre de distribution si nécessaire (par exemple, pour une soustraction depuis l'étranger) ; - Le transport de la plateforme de distribution vers l'utilisateur final. 	Données secondaires – Scénario par défaut
UTILISATION		

Etape	Description	Type de données
Etape 7 – Utilisation du smartphone	Cette étape correspond à l'usage de l'équipement. Nous avons considéré des hypothèses. L'objectif de l'intégration de cette phase est de mettre en perspective les résultats au vu des impacts de la phase d'usage.	Données secondaires – Scénario par défaut

Tableau 3 – Description du synopsis de reconditionnement considéré pour chaque famille de produit

C'est grâce à ce synopsis de collecte que nous avons été en mesure de modéliser les impacts du reconditionnement grâce à la contribution de reconditionneurs nationaux et internationaux :

	Smartphone	Tablette	Ordinateur portable	Ordinateur fixe
Données primaires ou secondaires	Primaires	Extrapolation sur la base des smartphones	Primaires	Primaires
Nombre de reconditionneurs ayant fourni des données	11		9	7
Acteurs de la collecte	Agora Place, Backmarket, Bak2, Itancia, Largo, Le GSM, Recommerce, Sofigroupe, Riitekpro + 2 reconditionneurs (CONFIDENTIEL)		Ateliers du bocage; ATF bis repetita, ATF GAIA, CRS, Emmaus Connect, Ingram, LM Ecoproduction, Okamac, Recyclea	Ateliers du bocage; ATF bis repetita, ATF GAIA, Atoutek, Ingram, LM Ecoproduction, Recyclea
Localisation des reconditionneurs interrogés	France – Allemagne – Roumanie – Chine – Hong Kong		France – Emirats Arabes Unis	France
Année de collecte des données	2021		2021	2021
Période de collecte	2020		2020	2020

Tableau 4 – Processus de collecte par famille d'équipement

Dans le cadre de cette étude, nous avons mené en complément une étude sur les serveurs et les consoles. Ces catégories de produits ayant fait l'objet d'une extrapolation. Elles sont présentées en annexe.

3.3.3. Données relatives aux transports

Les données relatives aux transports amonts et avals peuvent être de 2 natures :

- Des données déclarées par les fabricants aussi bien en terme de moyens de transports, de localisations, de distances ;
- Des données estimées par le praticien ACV en fonction du lieu de reconditionnement et du lieu d'approvisionnement.

3.3.3.1. Transport de Fret

Pour l'ensemble des transports de fret, nous avons considéré les hypothèses présentées dans le tableau suivant. De manière générale, le transport intercontinental est réalisé en avion. Une analyse de sensibilité avec un approvisionnement en bateau est réalisée.

Destination	France			Allemagne			Europe - Roumanie - Bucarest			Asie - Shenzen			Emirats Arabes Unis - Dubai		
PROVENANCE (CLASSIC.SEAROUTES.COM)	AVION(PARIS)	CAMION	BATEAU (LE HAVRE)	AVION(BERLIN)	CAMION	BATEAU (HAMBURG)	AVION	CAMION	BATEAU	AVION	CAMION	BATEAU	AVION	CAMION	BATEAU
Asie-Avion (base Shenzen)	10000	1000		10000	1000		10000	1000		5000	1000		6000	1000	
Asie-Bateau (Shenzen)		1000	22000		1000	18000		1000	15000		1000	2500		1000	9000
US-Avion (Denver)	8000	1000		8000	1000		10000	1000		12000	1000		12000	1000	
US-Bateau (moyenne NY et San Francisco)		1000	10000		1000	10000		1000	11000		1000	15000		1000	23000
Australie-Avion (Adelaide)	19000	1000		15000	1000		15000	1000		5000	1000		11000	1000	
Australie-Bateau (Adelaide)		1000	20000		1000	22000		1000	22000		1000	10000		1000	11500
France-Avion (Paris)	-	-	-	1000	1000		2000	1000		10000	1000		5200	1000	
France-Bateau (Le Havre)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1000	22000		1000	11000
France-Camion (moyenne)		1000			2000			3500		-	-	-		6500	
Europe-Avion (Francfort)	2000	1000		2000	1000		2000	1000		10000	1000		4800	1000	
Europe-Camion		3500			35000			3500		-	-	-		6500	
Europe-Bateau (Rotterdam)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1000	22000		1000	11000

Tableau 5 – Matrice des distances de transport

NOTE DE LECTURE : le tableau se lit de la façon suivante, pour les données entourées en rouge. Pour un transport depuis l'Asie vers la France en bateau, nous considérerons 1000 km en camion et 22000 km en bateau.

3.3.3.2. Scénario de transport – Acquisition et dépôt par un particulier - BtoC

Nous avons en complément fait le choix de modéliser les transports effectués par les particuliers par le scénario de référence suivant.

	%clients concernés – Scénario de référence *	Affectation d'achat	Scénario	Mode de transport	Distance	Unité
Boutique/ Relais colis	54%	50%	Urbain	Transport en commun	2 km A/R	Passager.km
Boutique/ Relais colis	24%	50%	Périurbain	Voiture	10 km A/R	Passager.km
Boutique/ Relais colis	11%	50%	Rurale	Voiture	20 km A/R	Passager.km
Livraison à domicile	11%	mutualisation	Rurale	Camionnette	20 km A/R	kg.km

Tableau 6 - Scénario de référence – mode de transport pour acquisition du matériel.

Le scénario est construit en combinant :

- des hypothèses de transport choisies selon des estimations basées sur des travaux antérieurs réalisés par les prestataires.
- une répartition des clients égale à la répartition de la population.

Données relatives à la modélisation des équipements neufs

Les équipements neufs n'ont pas été modélisés spécifiquement dans le cadre de cette étude, nous avons repris les hypothèses et les modèles utilisés dans le cadre de l'étude ADEME-ARCEP de 2021²³. Ces données ont fait l'objet d'une revue critique et seront mises à disposition dans la Base Impact® (en cours).

Des éléments de décomposition et d'analyse sont annexés au rapport.

Les paramètres d'entrée sont les suivants :

- Taille et type d'écran ;
- Capacité CPU, RAM, stockage ;
- Masse de l'équipement ;
- Accessoires associés.

3.3.4. Données relatives à la modélisation des impacts énergétiques en phase d'utilisation

Les données électriques sont évaluées comme un mix électrique français. Afin d'être cohérent avec la période de collecte des données (2019), nous avons choisi les données électriques fiables les plus récentes disponibles, provenant de RTE pour l'année 2018²⁴.

²² Source chiffres répartition population FRANCE : http://www.observationsociete.fr/territoires/lieu-de-vie_terri/ville-campagne-periurbain-qui-vit-ou.html

²³ Impact environnemental du numérique en France, parue en décembre 2021

²⁴ <https://www.iea.org/data-and-statistics/>

	France	Europe	Chine	Roumanie	Allemagne	Emirat Arabes Unis
Nom de l'inventaire dans EIME	Electricity Mix; Production mix; Low voltage; FR	Electricity Mix; Production mix; Low voltage; UE-27	Electricity Mix; Production mix; Low voltage; CN	Electricity Mix; Production mix; Low voltage; RO	Electricity Mix; Production mix; Low voltage; GE	Reconstruction d'un mix de production à partir des données IAE
Référence de l'inventaire dans EIME	CODDE-2548	CODDE-2537	CODDE-2572	CODDE-2562	CODDE-2538	
Type de mix électrique	Production	Production	Production	Production	Production	Production
Année de référence	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Charbon	1,8%	20,2%	66,5%	20,9%	37,3%	0%
Fioul	1,0%	1,7%	0,2%	0,8%	0,8%	1%
Gaz	5,3%	19,0%	3,1%	14,0%	13,0%	98%
Bioénergie – Biomasse	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Bioénergie – Biogaz	1,1%	5,1%	1,3%	14,0%	7,0%	0%
Bioénergie – Déchets	0,8%	1,5%	0,2%	0,6%	2,1%	0%
Nucléaire	71,0%	25,3%	4,1%	15,1%	11,9%	0%
Pompage	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Hydraulique	12,2%	11,6%	17,2%	24,0%	3,7%	0%
Solaire	1,9%	3,9%	2,5%	2,3%	7,1%	1%
Eolien	4,9%	11,5%	5,1%	8,4%	17,1%	0%
Autres sources	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0%

Tableau 7 – Informations sur les mix

Les bases de données CODDE-2022-01 ont été utilisées pour évaluer l'impact de la consommation électrique lors du reconditionnement et de la phase d'usage.

3.3.5. Données relatives aux impacts du cycle de vie

Les données sur les impacts du cycle de vie des équipements informatiques ou des flux d'énergie sont classées dans les catégories suivantes :

- **Données primaires** (également appelées « données spécifiques au site ») – données recueillies depuis l'usine de fabrication/traitement du produit, et données issues de l'analyse des étapes du cycle de vie du produit et du système dans lequel il est intégré.
 - Par exemple :
 - les matériaux ou l'électricité tels que mesurés par les prestataires les fournissant ;
 - les transports évalués sur la base des consommations de carburants et des émissions réelles associées.
- Données secondaires divisées en :

- **données secondaires sélectionnées** - données provenant de sources de données couramment disponibles qui remplissent les caractéristiques de qualité des données prescrites pour la précision, l'exhaustivité et la représentativité ;
- données proxy - données provenant de sources de données couramment disponibles (qui ne remplissent pas toutes les caractéristiques de qualité des données des « données secondaires sélectionnées »).

Conformément aux objectifs et aux limites du système, aucune donnée spécifique n'a été privilégiée. La plupart des données proviennent des bases de données disponibles dans le logiciel EIME (données secondaires sélectionnées) : bases de données NégaOctet²⁵, CODDE²⁶ et Ecoinvent 3.6²⁷.

L'ensemble des données utilisées fait l'objet d'une caractérisation de sa qualité selon la méthode de la DQR

	TiR – Représentativité temporelle	TeR – représentativité technique	GR – représentativité géographique
1	La date d'édition de la donnée se situe dans la période de validité de l'étude	La technologie couverte par la donnée est exactement la même que celle nécessaire pour l'étude	Le processus couvert par la donnée a lieu dans le pays correspondant au périmètre géographique de l'étude
2	La date d'édition de la donnée se situe au plus tard 2 ans après la période de validité de l'étude	La technologie nécessaire à l'étude est incluse dans les données couvertes par l'inventaire du cycle de vie	Le processus couvert par la donnée a lieu dans la zone géographique correspondant au périmètre géographique de l'étude (ex – Europe)
3	La date d'édition de la donnée se situe au plus tard 4 ans après la période de validité de l'étude	La technologie nécessaire à l'étude est partiellement couverte par les données intégrées dans l'inventaire du cycle de vie	Le processus couvert par la donnée a lieu dans une des régions géographiques valides par rapport au périmètre géographique de l'étude
4	La date d'édition de la donnée se situe au plus tard 6 ans après la période de validité de l'étude	La technologie nécessaire à l'étude est similaire à celle couverte par les données intégrées dans l'inventaire du cycle de vie	Le processus couvert par la donnée n'a pas lieu dans une des régions géographiques valides par rapport au périmètre géographique de l'étude, mais des similitudes suffisantes sont estimées sur la base d'un avis d'expert.
5	La date d'édition de la donnée est postérieure de 6 ans par rapport à la période de validité de l'étude	La technologie nécessaire à l'étude est différente de celle couverte par les données intégrées dans l'inventaire du cycle de vie	Le processus couvert par la donnée n'a pas lieu dans une des régions géographiques valides par rapport au périmètre géographique de l'étude

Tableau 8 – Description de la méthode DQR appliquée dans le cadre de l'étude

Les données utilisées sont annexées au présent rapport.

3.3.6. Procédures d'attribution

3.3.6.1. Gestion des données manquantes

Les données collectées réceptionnées sont de qualité disparates. Certains reconditionneurs disposent d'informations complètes et documentées alors que d'autres n'assurent le suivi que de quelques postes. Ainsi, en cas de données manquantes, les valeurs retenues correspondent à la valeur maximum des données unitaires pour l'ensemble des reconditionneurs ayant déclarés leurs valeurs.

²⁵ <https://negaoctet.org/>

²⁶ <https://codde.fr/en/our-services/software-tools>

²⁷ <https://ecoinvent.org/>

3.3.6.2. Allocations générales – Agrégation des données

En ce qui concerne la collecte des données dans le cadre des équipements reconditionnés, une collecte a été effectuée auprès de plusieurs reconditionneurs. Une fois les données collectées, celles-ci ont été :

1. ramenées à une unité de produit en fonction du nombre d'unités traitées et reconditionnées par chaque reconditionneur sur l'année. Le facteur d'allocation est le nombre d'unités reconditionnées arrivant à la fin du processus. Ainsi les données relatives à l'approvisionnement d'équipements défectueux et non « reconditionnables » ont été intégrées dans le processus ;
2. complétées par des données maximisantes lorsqu'aucune donnée n'était disponible après contrôle auprès du reconditionneur ;
3. moyennées selon une moyenne arithmétique pour l'ensemble des reconditionneurs.

Ainsi, un modèle fictif de reconditionnement de référence a alors été réalisé. C'est sur la base de ce modèle de référence que sera réalisé l'ensemble des extrapolations et des analyses de sensibilité.

La formule ci-dessous permet de résumer la démarche :

$$Impact_{reconditionnement} = \sum_{i=0}^n \left(\frac{V_i}{N} \times Impact_i \right) + (C \times Impact_{elec})$$

$$Impact_{UF} = \frac{Impact_{reconditionnement}}{Durée\ d'usage}$$

Avec

V_i = Valeurs moyennes issues des collectes des reconditionneurs complétées en cas de données manquantes

= Consommation annuelle du processus, distances de transports, masse de consommables etc.

$Impact_i$ = Impacts unitaires issus des bases de données d'inventaires du cycle de vie pour les phases de fabrication, de distribution et de fin de vie

N = Nombre d'équipements reconditionnés

= Nombre d'équipements approvisionnés – (Nombre d'équipements pour pièces + Nombre d'équipements hors d'usage – Nombre d'équipements pour revente directe (Brokers))

C = Consommation d'électricité sur la durée de vie en kWh

$Impact_{elec}$ = Impacts unitaires du mix électriques

La figure ci-dessous permet de clarifier les notions et le traitement des différentes fractions ainsi que leur intégration ou non dans les frontières du système.

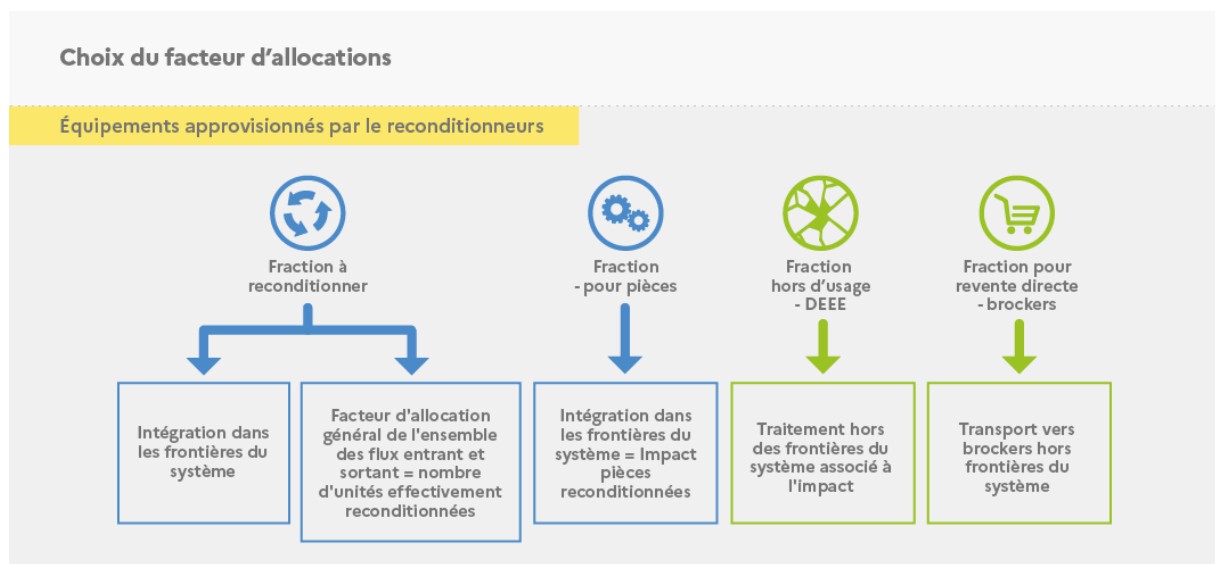


Figure 10 – Choix du facteur d'allocations

3.3.6.3. Méthode de création des modèles de reconditionnement

La méthode de création du modèle de reconditionnement est la suivante :

- Création d'un modèle de référence :
 - Collecte des données par reconditionneur ;
 - Allocation de chaque flux entrant et sortant à l'impact unitaire²⁸ par fabricant ;
 - Complément des données manquantes par la valeur maximum collectée ;
 - Création de moyennes arithmétiques par flux unitaire ;
 - Création du modèle de référence.
- Adaptation du modèle de référence à chaque scénario de reconditionnement :
 - Extraction de la partie changement de pièces et création du modèle nettoyage simple ;
 - Ajout des variantes :

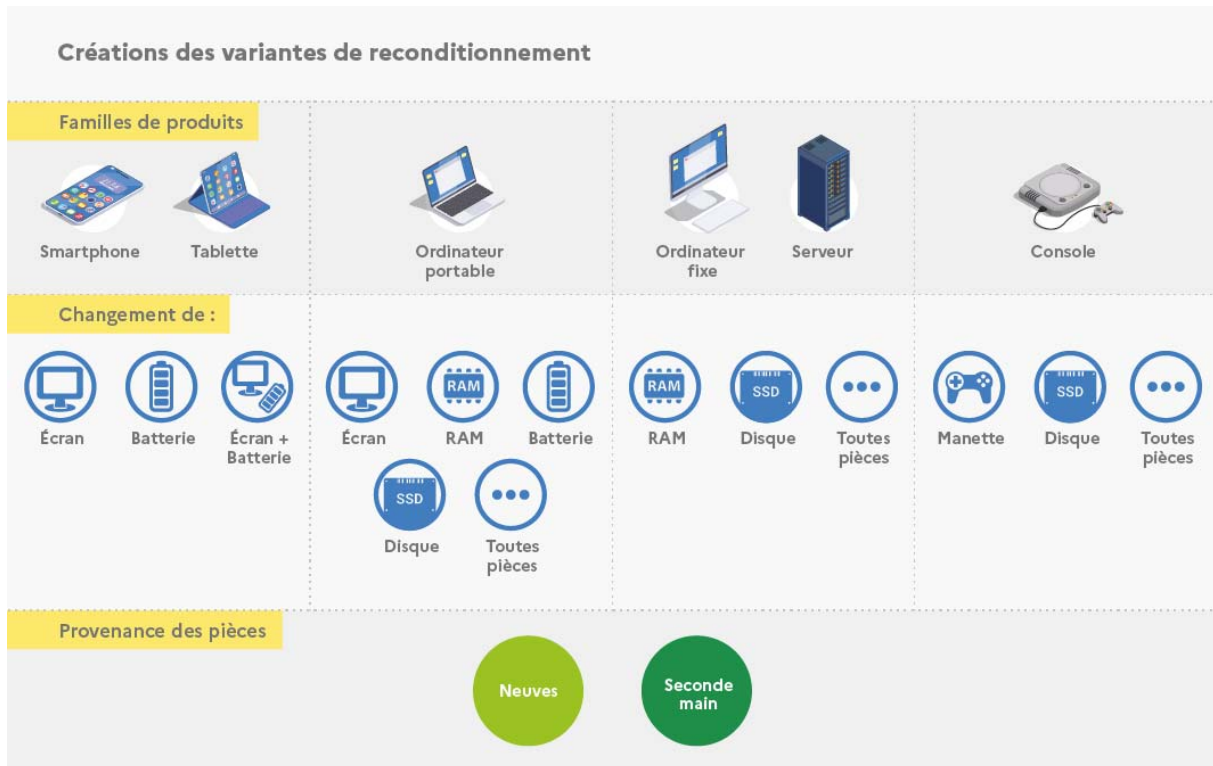


Figure 11 – Créations des variantes de reconditionnement

- Adaptation du modèle à chaque localisation aussi bien en terme d'approvisionnement que de localisation du reconditionneur :
 - Adaptation du scénario d'approvisionnement ;
 - Adaptation des mix énergétiques.

3.3.6.4. Prise en compte des pièces de seconde main

Dans certains cas, les reconditionneurs intègrent des pièces de seconde main. Afin de modéliser les impacts de ces pièces, nous avons fait l'hypothèse suivante :

²⁸ Impact ramené au nombre d'unités reconditionnées en fin de processus

- Les pièces de seconde main effectuent le même schéma logistique que les équipements à reconditionner ;
- Elles sont démontées sur les équipements arrivant sur le site de reconditionneur ;
- Leur impact est équivalent à un nettoyage simple de référence sans packaging ni accessoire.

3.3.6.5. Allocation pour la fin de vie

3.3.6.5.1. Equipement et sous-ensemble électrique et électronique

Le recyclage et la valorisation des matériaux issus d'équipements électriques et électroniques en fin de cycle de vie sont considérés en utilisant la formule d'empreinte circulaire (CFF), telle qu'appliquée par la base de données²⁹ de fin de vie Ecosystem. Deux approches existent dans cette méthode : l'approche sans bénéfices et l'approche avec bénéfices. L'approche retenue est l'approche « avec bénéfices ». Cette méthode suppose que le recyclage ou la valorisation énergétique des matériaux en fin de vie apporte un bénéfice lié à la substitution de matière vierge ou de sources d'énergie primaire.

Le CFF tel qu'il est appliqué avec l'approche « avec bénéfices » est le suivant :

- Impacts du recyclage matière :

$$(1 - A)R_2 * (E_{recyclingEoL} - E_v^* * \frac{Q_{Sout}}{Q_p})$$

Avec :

- A : facteur de répartition des charges et crédits entre fournisseur et utilisateur de matériaux recyclés, dans l'approche d'Ecosystem, A=0.
- R2 : c'est la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.
- ErecyclingEoL : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant du processus de recyclage en fin de vie, y compris le processus de collecte, de tri et transport.
- E*v : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) générées par l'acquisition et la production de la matière vierge substituée par la matière recyclée.
- QSout : qualité, au point de substitution, du matériau recyclé.
- Qp : qualité du matériau primaire.
- Impact de valorisation énergétique :

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

Avec :

- B : facteur d'allocation des procédés de valorisation énergétique : il s'applique aussi bien aux charges qu'aux crédits. Dans l'approche d'Ecosystem, B=0.
- R3 : c'est la proportion de matière dans le produit qui est utilisée par la récupération d'énergie en fin de vie.
- E_{ER} : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) liées au processus de valorisation énergétique (exemple : incinération avec valorisation énergétique, mise en décharge avec valorisation énergétique, etc.).
- LHV : pouvoir calorifique inférieur (PCI) du matériau sujet à récupération d'énergie.
- X_{ER,heat} : efficacité de la récupération d'énergie pour la chaleur.

²⁹ <http://weee-lci.ecosystem.eco/Node/>

- $E_{SE,heat}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) qui auraient été générées par la chaleur substituée par l'énergie récupérée.
- $X_{ER,elec}$: efficacité de la récupération d'énergie pour l'électricité.
- $E_{SE,elec}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) qui auraient été générées par l'électricité substituée par l'énergie récupérée.

- Impacts de l'élimination des déchets :

$$(1 - R_2 - R_3) * E_D$$

Avec :

- R_2 : c'est la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.
- R_3 : c'est la proportion de matière dans le produit qui est utilisée par la récupération d'énergie en fin de vie.
- E_D : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant de l'élimination des déchets à la fin de vie du produit analysé, sans valorisation énergétique.

3.3.6.5.2. Déchets industriels et ménagers

On considère ici comme étant des déchets industriels et ménagers, les déchets d'emballages (papier, carton, palette, plastique) et les déchets de nettoyage : chiffon notamment.

L'approche considérée est une approche selon la méthode des stocks/sans bénéfiques. Cette méthode suppose que le recyclage ou la valorisation énergétique des matériaux en fin de vie n'apporte aucun bénéfice lié à la substitution de matière vierge ou de sources d'énergie primaire, et que l'ensemble des impacts des opérations de recyclage est attribué à la nouvelle matière.

Impacts du recyclage matière :

$$R_2 * E_{recyclingEoL}$$

Avec :

- R_2 : c'est la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.
- $E_{recyclingEoL}$: émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant du processus de recyclage en fin de vie, y compris le processus de collecte, de tri et de transport. Dans notre cas, les impacts du recyclage sont attribués à la production de la matière recyclée. L'impact considéré est celui de la collecte des déchets (100km en camion) et du prétraitement.
- Impact de valorisation énergétique :

$$R_3 * E_{ER}$$

Avec :

- R_3 : c'est la proportion de matière dans le produit qui est incinérée en fin de vie.
- E_{ER} : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) liées au processus d'incinération. Les rendements des centres d'incinération de déchets ménagers étant souvent <65%, nous avons considéré de manière systématique une incinération sans récupération d'énergie.
- Impacts de la mise en décharge des déchets :

$$(1 - R_2 - R_3) * E_D$$

Avec :

- R₂ : c'est la proportion de matière dans le produit qui sera recyclée (ou réutilisée) dans un système ultérieur.
- R₃ : c'est la proportion de matière dans le produit qui est incinérée.
- E_D : émissions spécifiques et ressources consommées (par unité fonctionnelle) résultant de l'élimination des déchets à la fin de vie du produit analysé, sans valorisation énergétique.

3.3.6.5.3. Valeurs des facteurs R2 & R3

	Bois	Papier/carton	Plastique	Textile souillé
R2	31%+5%	8%	52%	
R3	21%	8%	42%	100%
1-R2-R3	43%	85%	6%	
Source	Valorisation des emballages en France - Données 2019 - ADEME			Hypothèse

Tableau 9 – Taux de recyclage, d'incinération pour les déchets d'emballages

3.4. Méthodologie AICV et types d'impacts

3.4.1. Sélection, classification et caractérisation des impacts

Dans le cadre de cette étude, les indicateurs retenus sont les indicateurs obligatoires du dernier référentiel d'affichage environnemental publiée par l'ADEME pour les services numériques³⁰. Cette liste d'indicateurs a été établie grâce à la méthode de caractérisation/pondération EF 3.0.

Cette liste a été complétée par l'empreinte matériau (MIPS), le besoin en eau (WU) et la production de DEEE qui permet une compréhension supplémentaire des impacts environnementaux.

Les indicateurs suivants ont donc été sélectionnés :

Priorité d'interprétation	Catégorie d'impact	Modèle	Unité	Méthode LCIA niveau de recommandation
INDICATEURS D'IMPACTS				
I	Changement climatique	IPCC 2013 , GWP 100	kg CO2 eq	I
I	Epuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	ADP for mineral and metal resources, basé sur van Oers <i>et al.</i> 2002 as implemented in CML, v. 4.8 (2016)	kg Sb eq	III
I	Emissions de particules fines	Fantke <i>et al.</i> , 2016	disease incidence	I
I	Radiations Ionisantes	Frischknecht <i>et al.</i> , 2000	kBq U235 eq	II
II	Epuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	ADP for energy carriers, basé sur Oers <i>et al.</i> 2002 tel qu'appliqué dans CML, v. 4.8 (2016)	MJ	III
II	Acidification	Posch <i>et al.</i> , 2008	mol H+ eq	II
COMPLÉMENT				
I	Matières premières	MIPS – Material Input per Service Unit, Schmidt-Bleek, 1994 and Ritthoff <i>et al.</i> , 2002	Kg	N/A
I	Production de déchets d'équipements électriques et électroniques		Kg	N/A
II	Besoin en eau	AWARE 100 (basé sur Boulay <i>et al.</i> , 2018)	m3 world eq	III

Tableau 10 – Sélection d'indicateurs pertinents sur la base de normalisation et de pondération

Afin de mieux comprendre les indicateurs sélectionnés, le tableau suivant détaille chacun avec une explication des aspects environnementaux associés :

INDICATEURS D'IMPACT	Epuisement des ressources naturelles (minérales et métaux) <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : kg Sb équivalent (kg Sb eq.) Méthode d'évaluation : CML 2002 	Changement climatique <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : kg CO₂ équivalent (kg CO₂ eq.) Méthode d'évaluation : IPCC 2013 méthode

³⁰ Principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation – Référentiel méthodologique d'évaluation des services numériques, ADEME, Juillet 2021

INDICATEURS DE FLUX	<ul style="list-style-type: none"> Définition : L'exploitation industrielle entraîne une diminution des ressources disponibles dont les réserves sont limitées. Cet indicateur évalue la quantité de ressources minérales et métalliques extraites de la nature comme s'il s'agissait d'antimoine. 	<ul style="list-style-type: none"> Définition : Les gaz à effet de serre (GES) sont des composés gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre contribue au réchauffement climatique.
	<p>Acidification</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : mol H+ eq. Méthode d'évaluation : Accumulated Exceedance (Seppälä <i>et al.</i> 2006, Posch <i>et al.</i> 2008) Définition : L'acidification de l'air est liée aux émissions d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, d'ammoniac et d'acide chlorhydrique. Ces polluants se transforment en acides en présence d'humidité, et leurs retombées peuvent endommager les écosystèmes ainsi que les bâtiments. 	<p>Emissions de particules fines</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : Disease incidence Méthode d'évaluation : PM méthode recommandée par l'UNEP (UNEP 2016) Définition : La présence de particules fines de petit diamètre dans l'air - en particulier celles d'un diamètre inférieur à 10 microns - représente un problème de santé humaine, car leur inhalation peut provoquer des problèmes respiratoires et cardiovasculaires.
	<p>Radiations ionisantes</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : kBq U235 eq. Méthode d'évaluation : Human health effect model as developed by Dreicer <i>et al.</i> 1995 (Frischknecht <i>et al.</i> 2000) Définition : Les radionucléides peuvent être libérés lors de plusieurs activités humaines. Lorsque les radionucléides se désintègrent, ils libèrent des rayonnements ionisants. L'exposition humaine aux rayonnements ionisants provoque des dommages à l'ADN, qui à leur tour peuvent conduire à divers types de cancer et malformations congénitales. 	<p>Epuisement des ressources abiotiques (fossiles)</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : MJ Méthode d'évaluation : CML 2002 Définition : L'indicateur représente la consommation d'énergie primaire provenant de différentes sources non renouvelables (pétrole, gaz naturel, etc.). Les calculs sont basés sur le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) des types d'énergie considérés, exprimé en MJ/kg. Par exemple, 1 kg de pétrole apportera 41,87 MJ à l'indicateur considéré.
	<p>Utilisation d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur d'impact orienté problème (<i>mid-point</i>) Unité : m3 eq. Méthode d'évaluation : AWARE 100 (basé sur Boulay <i>et al.</i>, 2018) Définition : Prise en compte de l'eau utilisée en boucle ouverte. 	
	<p>Masse de déchets électriques, électroniques générées (DEEE)</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur de flux Unité : kg Définition : Quantité de matériels informatiques mobilisés par une unité fonctionnelle et qui devront virtuellement être retraités. 	
	<p>Matières premières - MIPS</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'indicateur : Indicateur de consommation de ressources Unité : kg Méthode d'évaluation : MIPS - Material Input per Service-unit Définition : L'indicateur MIPS permet de calculer les ressources utilisées pour produire une unité de produit ou de service avec une approche d'analyse de cycle de vie (Schmidt-Bleek, 1994). Cinq types de ressources sont considérées : les ressources abiotiques (matériaux, énergie fossile, etc.), la biomasse, les déplacements de terre mécaniques ou par érosion, l'eau, et l'air (Ritthoff et coll., 2002). Ces consommations sont simplement sommées, ce qui donne un indicateur de consommation de ressources (matières premières extraites et matières premières énergétiques). 	

Tableau 11 – Description des indicateurs

3.4.2. Normalisation

Les résultats numériques des indicateurs peuvent être ordonnés, normalisés, regroupés et pondérés. Cette approche permet de faciliter l'interprétation mais aucun consensus scientifique n'existe sur une manière robuste d'effectuer une telle évaluation.

Dans notre étude, nous avons utilisé les facteurs de normalisation fournis par le JCR dans la méthode PEF/OEF (EF 3.0), publiée le 20 novembre 2019, tels que rapportés dans le tableau ci-dessous. Aucune pondération n'est prévue

Catégorie d'impact	Facteur de normalisation	Unité
Changement Climatique	8,10E+03	kg CO ₂ eq./personne
Epuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	6,36E-02	kg Sb eq./personne
Emissions de particules fines	5,95E-04	disease incidences/personne
Epuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	6,50E+04	MJ/personne
Rayonnements ionisants, santé humaine	4,22E+03	kBq U-235 eq./personne
Acidification	5,56E+01	mol H+ eq./personne
Utilisation de l'eau	1,15E+04	m ³ water eq of deprived water/personne

Tableau 12 – Facteurs de normalisation proposés par la JRC

3.4.3. Limites planétaires

Dans le cadre de cette étude, une mise en perspective *via* la méthode des limites planétaires a été réalisée. L'approche par les limites planétaires est un concept qui permet de comparer les impacts environnementaux aux limites planétaires, qui est un cadre permettant d'estimer dans quelle mesure les activités humaines respectent ou dépassent un espace de fonctionnement soutenable pour l'humanité.

Les limites planétaires ne sont pas une approche totalement intégrée dans les ACV. Néanmoins le JRC a fourni des facteurs permettant de relier les résultats d'ACV et les limites planétaires³¹.

³¹ 2019. Consumption and consumer Footprint : methodology and results – Indicators and assessment of European consumption, JRC

Les facteurs utilisés sont présentés ci-dessous :

Catégorie d'impact	Facteur - Limites planétaires	Unité
Changement Climatique	985	kg CO ₂ eq./personne
Epuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	3,18E-2	kg Sb eq./personne
Emissions de particules fines	7,47E-5	disease incidences/personne
Epuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	32 400	MJ/personne
Rayonnements ionisants, santé humaine	7 620	kBq U-235 eq./personne
Acidification	145	mol H+ eq./personne
Utilisation de l'eau	26 300	m ³ water eq of deprived water/personne

Tableau 13 – Facteurs des limites planétaires

3.5. Outil de modélisation ACV

Pour chaque scénario de reconditionnement, les flux de ressources matérielles et énergétiques de la nature vers le système technique, et les émissions du système technique vers l'air, le sol et l'eau sont pris en compte *via* un calculateur Microsoft Excel dédié. L'ensemble des facteurs d'émissions utilisés sont quant à eux issus du logiciel EIME dans sa version 5.9.1. et des bases de données associées : CODDE-2020-12, ELCD, NEAGAOCTET. EIME est conforme au manuel ILCD (entrée de niveau-I).

Concernant les données manquantes ou obsolètes, nous avons utilisé la base de données Ecoinvent dans sa version 3.6.

4. Famille des smartphones et tablettes

4.1. Généralités

Définition smartphone : un smartphone est un téléphone mobile qui exécute de nombreuses fonctionnalités d'un ordinateur, ayant généralement une interface à écran tactile, un accès Internet à partir des réseaux Wi-Fi et mobiles, une connexion GPS et un système d'exploitation (OS) capable d'exécuter des applications téléchargées.

Définition tablette : Une tablette est un type d'ordinateur portable qui comprend un écran tactile et peut avoir un clavier physique connecté. »³²

4.2. Définition des modèles de références

Les modèles de références ont été définis de manière à :

- Etre représentatif de la réalité des marchés des acteurs du reconditionnement ayant participé à l'étude ;
- Etre compatible avec l'ensemble des travaux coordonnés par l'ADEME en ce début d'année 2022 afin de permettre une vision harmonisée des pratiques du numérique responsable.

	Smartphone reconditionné	Smartphone neuf
Sources des données	Reconditionneurs (11 collectes)	Etude ADEME/ARCEP – Base de données NegaOctet
Reconditionneurs	Agora Place, Backmarket, Bak2, Itancia, Largo, Le GSM, Recommerce, Sofigroupe, Riitekpro + 2 autres reconditionneurs (confidential)	
Types de données	Primaire	Secondaire
Modèle de référence	Produit moyen basé sur les collectes reconditionneurs	Produit moyen basé sur le marché Français
Caractéristiques du modèle de référence	Lieu de reconditionnement : France (48%) Europe (26%) Asie (26%) Lieu d'approvisionnement : France (18%) Europe (44%) Asie (11%) US (25%) Caractéristiques moyennes : Masse : 180g Taille de l'écran : 5,6 pouces Type d'écran : 60%LCD, 40%OLED Poids de la batterie : 35g Remplacement de pièce moyen : 12,28 cm ² d'écran LCD 8,19 cm ² d'écran OLED 9g de batterie 0,5 unités non électroniques 0,21 unités électroniques 0,03 cartes circuits imprimés	Lieu de production : Asie (100%) Lieu d'approvisionnement : Asie (100%) Caractéristiques moyennes : Masse : 200g Taille de l'écran : 6,61 pouces Type d'écran : 50%LCD, 50%AMOLED/OLED RAM : 7,3Go Stockage : 180 Go Surface carte : 180cm ² Poids de la batterie : 81g
Consommation en phase d'usage	3.9 kWh/an	3.9 kWh/an
Lieu d'utilisation	France	France
Durée de vie	2 ans	3 ans

³² Définition du rapport ICT : European Commission, *ICT Impact study, Final report*, prepared by VHK and Viegand Maagøe for the European Commission, July 2020, p.132

Tableau 14 – Présentation des caractéristiques des smartphones de références

On notera dans ce tableau un décalage des caractéristiques techniques entre modèles de référence reconditionnés et neufs qui correspond à une réalité du marché, le renouvellement des équipements neufs se faisant en fonction des dernières innovations du secteur.

Consommation électrique : La consommation électrique est basée sur la moyenne de kWh/an déterminée dans le rapport ICT 2020, basée sur l'endurance (test par GSMArena³³) des 8 smartphones les plus vendus en Europe en 2019, et en le divisant par le nombre d'heures par an. Le rapport ICT explique : « le nombre de charges théorique a été multiplié par deux pour fournir un scénario plus réaliste. Le nombre de charges par an est multiplié par la capacité de la batterie en Wh pour donner la consommation d'énergie par an. La consommation est ensuite divisée par une efficacité de 75% pour estimer les pertes du chargeur». Elle est de 3,9 kWh/an.

NOTE – Nous ne sommes pas en mesure de différencier les consommations des équipements neufs et reconditionnés. Nous avons donc opté pour une consommation moyenne. On notera cependant que malgré une amélioration de la consommation d'énergie des équipements, les équipements distribués sont de plus en plus performant ce qui réduit la différence de consommation d'énergie entre neuf et reconditionné.

Durée de vie typique :

- Pour un téléphone neuf : 3 ans³⁴ ;
- Pour un téléphone reconditionné : 2 ans.

4.3. Hypothèses et données d'entrée

4.3.1. Cas du reconditionnement

4.3.1.1. Profil des reconditionneurs

La collecte des données a été réalisée auprès de 11 reconditionneurs nationaux et internationaux. Ce travail a permis de mettre en avant des profils de reconditionneurs très différents. Les paramètres variants sont les suivants :

- Localisations du reconditionneur ;
- Localisations des fournisseurs du reconditionneur ;
- Pratiques de reconditionnement :
 - Nombre de changement de pièces ;
 - Type de pièces changées ;
 - Utilisation de pièces reconditionnées.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différents profils.

	Reconditionneurs français							Reconditionneurs asiatiques	Reconditionneurs européens		
	Société C	Société D	Société E	Société I	Société A	Société K	Société B	Société F	Société G	Société H	Société J
Localisations	France	France	France	France	France	France	France	Chine	Hong Kong	Allemagne	Roumanie
Nombre d'unités reconditionnées en 2020	13	40	65	126	53	44	136	35	150	37	293

³³ <https://www.gsmarena.com/battery-test.php3>

³⁴ Renouvellement des terminaux mobiles et pratiques commerciales de distribution – ARCEP – juin 2021

- en millier d'unités												
Typologie de reconditionnement - Proportion changement de pièce	10%	11%	17%	42%	50%	90%	126%*	95%**	170%*	99%**	42%	
Typologie de pièces - % de pièces issues du reconditionnement	3%	0%	50%***	37%	4%	28%	33%	10%	0%	36%	37%	
Source principale des produits approvisionnés	France			99%		85%						
	Europe	100%	9%	1%	75%	8%	75%	24%	10%		95%	75%
	Asie		44%		15%		15%	10%	30%		5%	15%
	US		47%		10%	8%	10%	66%	60%	80%		10%
	Australie										20%	

*plus d'une pièce changée par mobile

**changement de pièces quasi-systématique

***la moitié des pièces remplacées est issue du reconditionnement

Tableau 15 – Smartphone reconditionné de référence - Présentation des profils des reconditionneurs - Synthèse

Il est à noter que le couple lieu de reconditionnement/lieu d'approvisionnement a une influence directe sur la distance parcourue par les équipements et les pièces de rechange, ainsi que sur la répartition des impacts entre transport amont et transport aval. Les distances présentées dans le tableau 2 ont été utilisées pour caractériser les transports amont et aval des différentes fractions.

4.3.1.2. Caractéristiques par défaut

Afin de définir des impacts associés à chaque donnée collectée, des hypothèses ont été formulées concernant les éléments constitutifs du smartphone reconditionné, des pièces de rechange et de ses accessoires.

Pièces	Caractéristiques	Pièces	Caractéristiques
Masse téléphone (g)	180	Masse cordon (g)	13
Ecran			
Taille de l'écran (pouces)	5'6	Taille de l'écran (cm2)	83.4
écran/% LCD	60%	écran/% OLED	40%
Masse écran (g)	45		
Autres caractéristiques des pièces de rechange			
Masse batterie (g)	35	Masse extracteur carte SIM (g)	3
Masse camera (g)	10	Masse verre trempé	17
Masse pièce diverse (g)	10	Masse accessoire divers (g)	15
Masse chargeur (g)	35	Masse écouteurs	10

Tableau 16 – Smartphone reconditionné - Caractéristiques physiques des différents éléments considérés pour le modèle de référence

4.3.1.3. Données de collecte par UF

Le tableau ci-dessous présente les données d'entrées utilisées dans le modèle après traitement pour une unité de produit reconditionné.

Sous-étape		Réf.	Min	Max	Unité
PARTIE INVARIANTE					
Approvisionnement - utilisateur précédent vers massification					
	Transport depuis l'utilisateur vers son point de collecte - estimé				
	Transport en commun	0,68	0,54	1,08	Passager.km
	Voiture	2,88	2,3	4,6	Passager.km
	Transport depuis le point de collecte vers massification				
	Camion	225,74	179,74	360	kg.km
Approvisionnement - massification vers reconditionneurs					
	Transport depuis le centre de massification vers le reconditionneur				
	Camion	415,45	179,29	900	kg.km
	Avion	1 185	97,91	3 888	kg.km
	Emballage				
	Carton	0,06061	0,00358	0,12243	Kg
	Plastique	0,01279	0,00423	0,02131	Kg
	Papier	0,0031	0,003	0,00317	Kg
	Palette	0,03465	0,00057	0,05286	Kg
	Emballage Divers (1/3carton, 1/3 papier, 1/3 plastique)	0,0263	0,0263	0,0263	Kg
Consommation du site					

Sous-étape		Réf.	Min	Max	Unité	
	Electricité	1,06	0,28	1,24	kWh	
	Eau	0,16	0	0,3	m3	
	Gaz	1,93	0,01	3,86	MJ	
Contrôle						
	Papier (kg)	1,55E-03	7,73E-04	1,63E-03	Kg	
Nettoyage						
	Alcool ménager - Détergeant - Désinfectant...	0,21648	0,00096	3,54E-01	L	
	Chiffon	0,0097	0,00003	2,11E-02	Kg	
Accessoires						
Chargeur						
	Production	0,73	0,28	1	Unité	
	Approvisionnement					
	Camion	30,65	9,75	87,5	kg.km	
	Bateau	409,29	236,84	630	kg.km	
	Avion	240,66	97,48	380,75	kg.km	
Cable USB						
	Production	0,73	0,28	1	Unité	
	Approvisionnement					
	Camion	13,89	3,54	35	kg.km	
	Bateau	248,86	85,94	630	kg.km	
	Avion	100,92	35,37	138,16	kg.km	
Ecouteurs						
	Production	0,74	0,15	1	Unité	
	Approvisionnement					
	Camion	8,03	1,5	12,81	kg.km	
	Bateau	106,79	27,07	180	kg.km	
	Avion	105,8	92,32	128,07	kg.km	
Packaging aval						
	Production	Carton	8,92E-02	1,09E-02	3,94E-01	Kg
		Plastique	2,53E-02	2,11E-03	4,88E-02	Kg
		Verre trempé	1,54E-04	5,68E-05	2,50E-04	Kg
		Papier	5,99E-03	5,99E-03	5,99E-03	Kg
	Approvisionnement					
	Camion	1,21E+02	1,91E+01	4,49E+02	kg.km	
	Bateau	1,82E+03	2,39E+02	5,27E+03	kg.km	
	Avion	6,33E+02	6,33E+02	6,33E+02	kg.km	
Reconditionnement vers Stock de Vente						
	Camion	497,17	0	811,62	kg.km	
	Avion	2 118,00	0	2 277,00	kg.km	
Distribution vers points de vente						
	Camion	215,47	180	237,7	kg.km	
Points de vente vers utilisateurs						
	Transport en commun	0,54	0,54	0,54	Passager.km	

Sous-étape		Réf.	Min	Max	Unité
	Voiture	2,3	2,3	2,3	Passager.km
	Camionnette	1,05	0,4	2,2	kg.km
CHANGEMENT DE PIECES DE REFERENCE					
Changement d'écran					
	Production				
	LCD	7,484	0,53	35,03	cm2
	OLED	4,989	0,35	23,35	cm2
	2d main	7,998	0,11	44	cm2
	Approvisionnement				
	Camion	14,992	0,51	80,94	kg.km
	Bateau	20,446	20,45	20,45	kg.km
	Avion	66,898	5,1	244,76	kg.km
Changement batterie					
	Production				
	Lithium	8,712	1,29	28	G
	2d main	0,305	0,07	0,7	G
	Transport estimé				
	Camion	15,886	1,84	82,38	kg.km
	Bateau	83,26	83,26	83,26	kg.km
	Avion	65,243	18,36	188,99	kg.km
Changement circuits imprimés					
	Production				
	Carte	0,03	0,03	0,03	Unité
	Transport estimé				
	Camion	0,26	0,26	0,26	kg.km
	Avion	2,58	2,58	2,58	kg.km
Changement divers électronique					
	Production				
	Composant	0,15	0,01	0,5	Unité
	2d main	0,06	0,01	0,11	Unité
	Transport estimé				
	Camion	3,51	0,11	13,75	kg.km
	Avion	15,9	1,11	46,33	kg.km
Changement divers non électronique					
	Production				
	divers (coque, etc.)	0,5	0,41	0,59	Unité
	Transport estimé				
	Camion	5	4,08	5,91	kg.km
	Avion	49,97	40,79	59,15	kg.km

Tableau 17 – Smartphone reconditionné - Données d'entrées pour modélisation du scénario de référence

4.3.2. Cas du smartphone neuf

4.3.2.1. Caractéristiques par défaut

Afin de garantir une homogénéité des résultats de cette étude avec les études déjà réalisées pour le compte de l'ADEME ainsi qu'avec les données de la Base Impacts®, le modèle de smartphone de référence correspond à un mix pondéré de trois configurations (modèle moyen issu de la Base Impacts®), avec les caractéristiques suivantes :

Configuration	1	2	3
Répartition (hypothèse)	50%	30%	20%
Poids de l'appareil (kg)	0,204	0,189	0,202
Taille de l'écran (pouces)	6,59	6,57	6,72
Technologie de l'écran	LCD	AMOLED	OLED
Processeur	MediaTek Helio G85	Snapdragon™ 730G	Exynos 990
RAM (GB)	6	7	11
Capacité SSD (GB)	128	160	341
Surface PWB (cm ²)	125,16	117,94	122,36
Poids de la batterie (g)	84	79	77

Tableau 18 – Caractéristiques du smartphone neuf considéré

Les données associées à la modélisation de cet équipement sont présentées en annexe.

4.4. Résultats

4.4.1. Avant-propos

Comme présenté ci-avant, un modèle de référence a été établi. À partir de ce modèle, différents paramètres de variations ont été identifiés et seront étudiés dans le présent rapport. Ces paramètres correspondent à :

- La localisation des reconditionneurs ;
- Les consommations du processus de reconditionnement ;
- La provenance des produits à reconditionner ;
- Le type de reconditionnement allant du nettoyage simple au remplacement de l'ensemble des pièces d'usures.

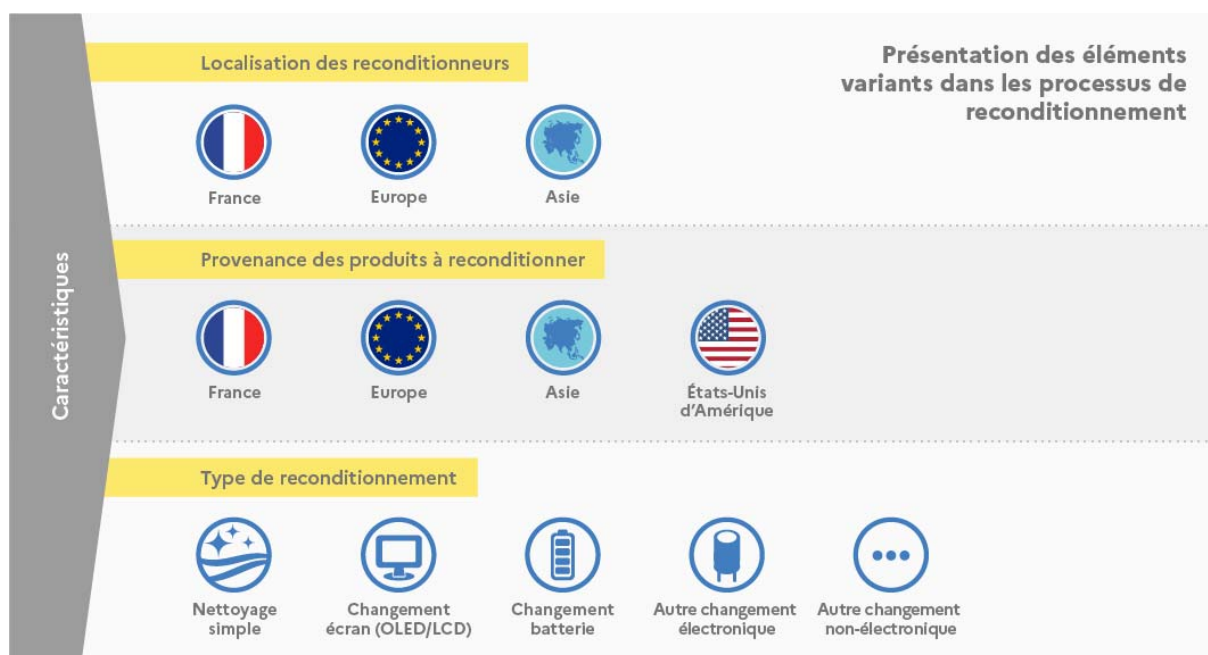


Figure 12 – Présentation des éléments variants dans les processus de reconditionnement

Par la suite, les analyses seront faites à deux niveaux :

- Le niveau du cycle de vie complet décomposé dans le graphique ci-dessous selon les métiers et selon les sources d'impacts ;
- Le niveau du reconditionnement uniquement (périmètre formalisé en rouge dans le graphique ci-dessous) :

Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées

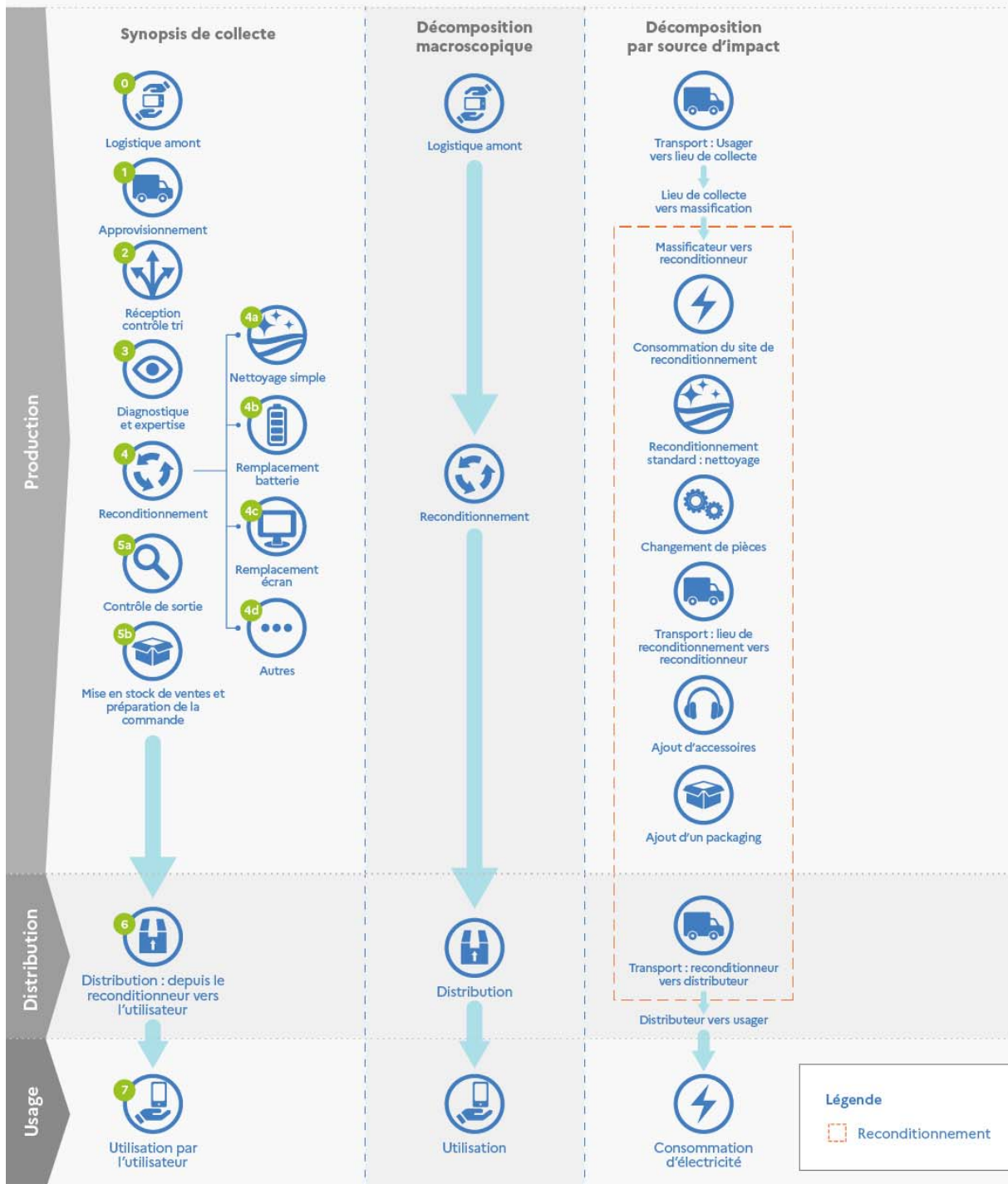


Figure 13 – Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées.

Les résultats quant à eux seront présentés avec comme échelle de référence : la durée de vie de l'équipement ou l'unité fonctionnelle.

Rappel – Abréviation indicateurs

ADP - Elements = Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et minéraux

ADP - fossiles = Epuisement des ressources naturelles abiotiques - énergie fossile

AP = Acidification

GWP = Changement climatique

IR = Radiations ionisantes

PM = Particules fines

WU = Consommation d'eau

MIPS = Bagage écologique

4.4.2. Evaluation des impacts d'un smartphone reconditionné de référence utilisé pendant 1 an

L'ensemble des impacts sera présenté ci-après, relativement à l'unité fonctionnelle suivante :

'Posséder et utiliser un smartphone pendant un an'

Pour ramener les impacts environnementaux à la durée d'usage, il convient de multiplier les impacts par la durée d'usage de référence à savoir 2 ans.

4.4.2.1. Résultats totaux à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage)

Pour chaque année d'usage, les impacts sur le cycle de vie d'un mobile reconditionné de référence sont les suivants :

Impact	Valeur	Unité
DUREE DE REFERENCE	2	Ans
Dérèglement climatique (GWP)	3,80	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	13	Kg/UF
Production de DEEE	11	g/UF
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	2,98E-04	kgeqSb/UF
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	102,64	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	6,79	m3eq/UF
Acidification (AP)	2,11E-02	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	2,01E-07	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	8,95	kgU235eq/UF

Tableau 19 – Smartphone de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an

4.4.2.2. Résultats décomposés selon les étapes du cycle de vie

Les impacts environnementaux sont répartis comme présenté dans la figure suivante :

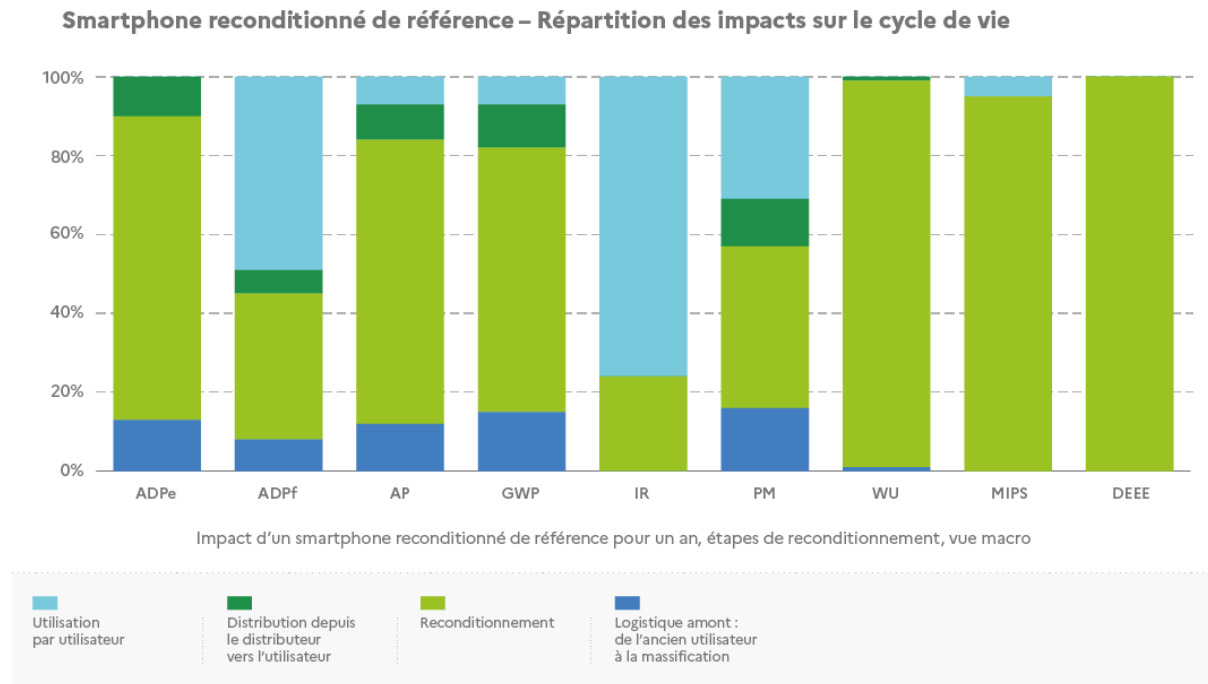


Figure 14 – Smartphone reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie

Constats :

Le reconditionnement des équipements représente la majorité des impacts (23% à 94%). Comme pour les équipements neufs, et malgré un impact plus faible de la phase de production, la phase d'usage présente des impacts moindres (hors radiations ionisantes et épuisement des ressources fossiles). La part des logistiques amont et aval représente 8 à 16% (pour les indicateurs où elle a un impact significatif).

Analyses :

Se focaliser sur la partie qui incombe aux reconditionneurs et distributeurs est pertinent puisque l'impact de cette phase est conditionné par le lieu de reconditionnement, le lieu d'approvisionnement et la typologie de reconditionnement.

Les impacts amont, aval et utilisation sont indépendants des impacts du reconditionnement, mais présentent un impact plus significatif relativement au cycle de vie complet, comparativement à un scénario neuf.

4.4.2.3. Résultats décomposés selon les étapes de reconditionnement

Afin de mieux appréhender la source des impacts environnementaux sur la partie reconditionnement, une analyse détaillée a été menée.

Smartphone reconditionné de référence – Répartitions des impacts par étape – Focus sur le processus de reconditionnement

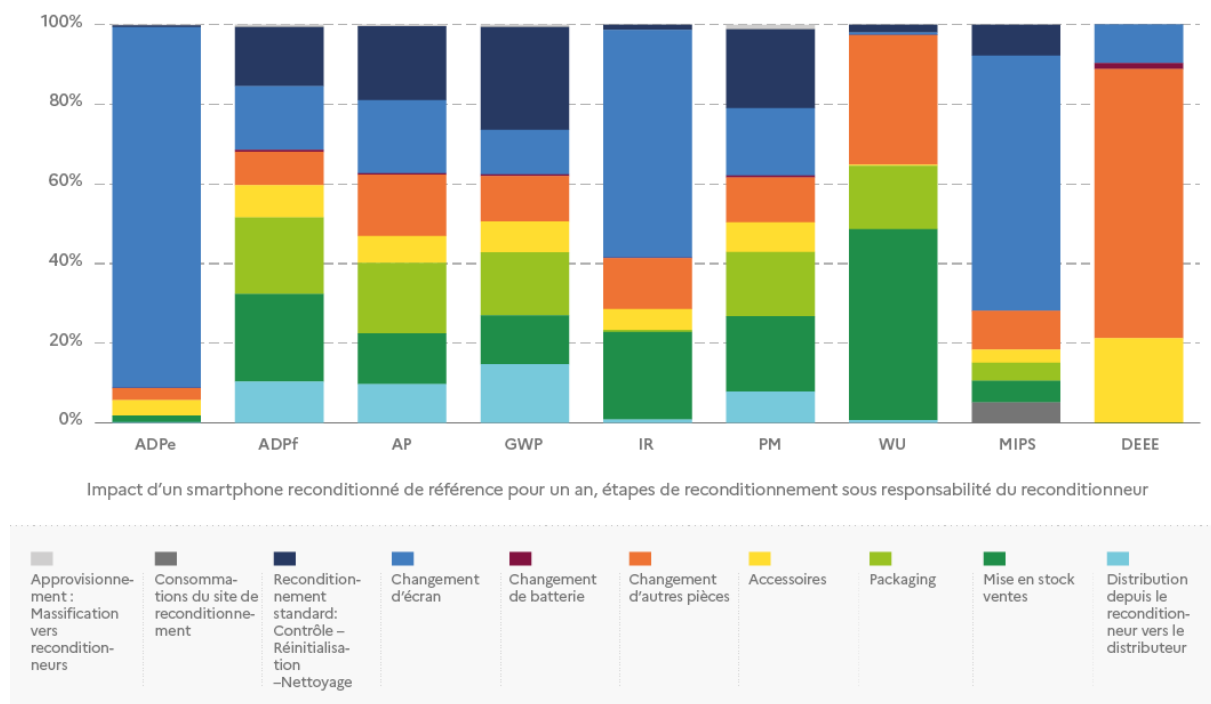


Figure 15 – Smartphone reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement

Constats :

Les accessoires et les changements d'écran sont les contributeurs majoritaires à l'impact sur l'épuisement des ressources naturelles et à l'indicateurs MIPS.

Les batteries et les consommations du site sont les premiers contributeurs à la consommation d'eau.

Pour les autres impacts, les contributions sont équi-réparties entre les différents postes.

Analyses :

Il convient d'être vigilant à la systématisation de l'ajout d'accessoires et au changement de batterie.

L'approche choisie permet de créer un modèle de référence cohérent, mais il est nécessaire d'observer les variations en fonction des entreprises et des différents scénarios afin de détecter un optimum environnemental.

4.4.2.4. Intervalle de variation selon les types de reconditionnements

Une fois le modèle de référence établi, le profil moyen de changement de pièces a été supprimé pour faire place à des profils correspondant au changement d'un écran complet, d'une batterie ou d'autres pièces. La présente analyse présente les variations en fonction du type de changement effectué.

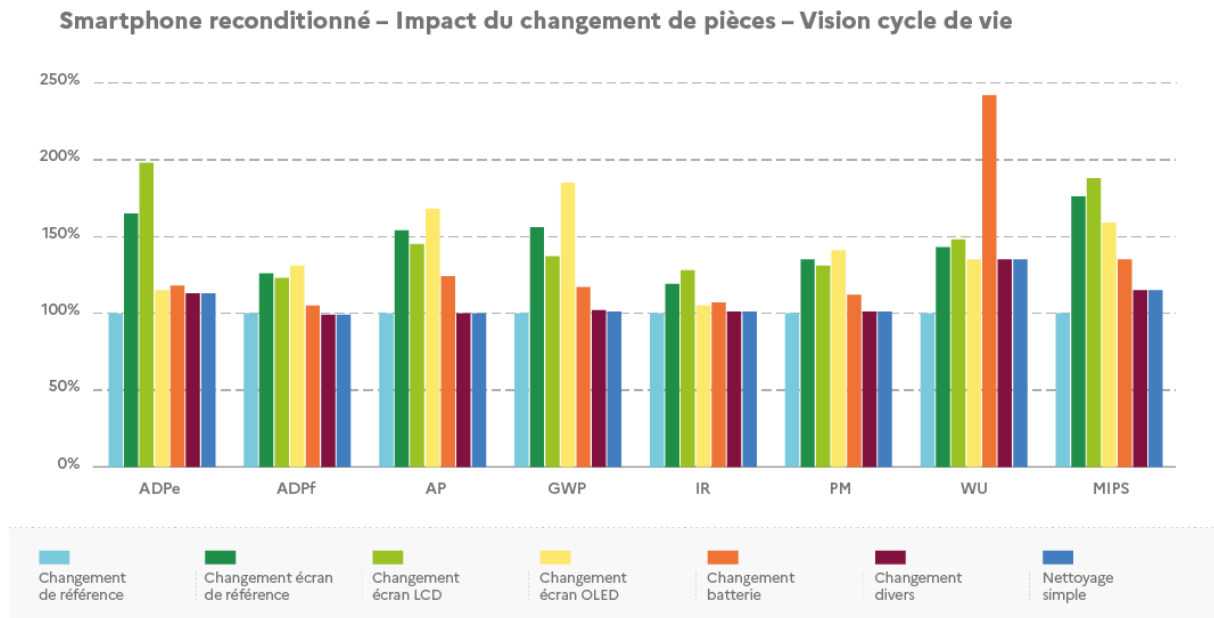


Figure 16 – Smartphone reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie

Constats :

On observe des variations significatives d'impacts de -28% à +79%

Il est à noter que l'écran de référence correspond à un mix d'écrans composé de 60% d'écran LCD et de 40% d'écran OLED. On observe un impact très important du changement d'écran, et particulièrement de l'écran LCD sur l'épuisement des ressources naturelles, et de l'écran OLED sur le dérèglement climatique.

Le changement de batterie a un impact significatif, en particulier sur les ressources en eau.

Analyses :

Le type de pièces changées a un impact significatif sur l'ensemble des indicateurs, notamment pour les écrans.

Compte tenu de l'intégration de la phase d'usage, la différence entre le scénario de référence et les autres scénarios est moins significative qu'imaginée initialement, du fait de la présence d'accessoires neufs et de la consommation en phase d'usage.

4.4.2.5. Intervalle de variation selon les lieux d’approvisionnement et de reconditionnement

Une fois le modèle de référence établi, le profil d’approvisionnement a été modifié pour établir une variation des différents impacts en fonction du lieu d’approvisionnement et de reconditionnement.

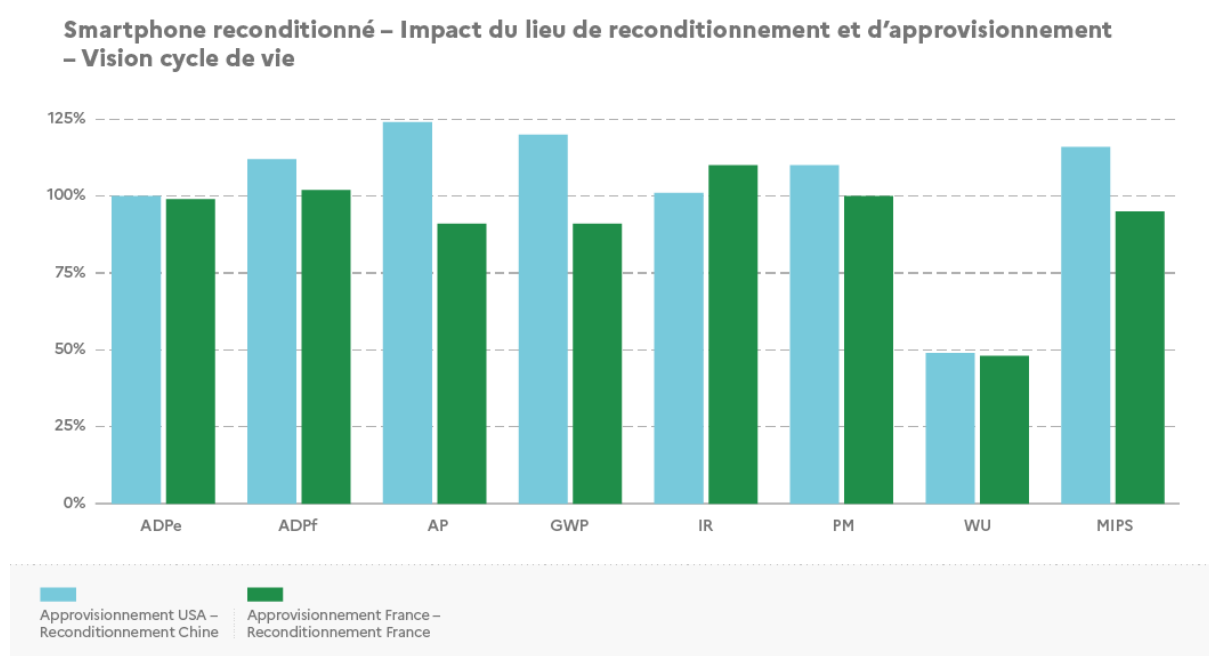


Figure 17 – Smartphone reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d’approvisionnement - Vision cycle de vie (100% = scénario de référence)

Constats :

On observe une augmentation des impacts sur l’épuisement des ressources fossiles, le dérèglement climatique, l’acidification et les particules fines allant jusqu’à +24% à l’échelle du cycle de vie, et +34% dans le cas d’approvisionnement et reconditionnement éloignés.

On observe également une augmentation de l’impact sur les radiations ionisantes.

Analyses :

La 1^{ère} augmentation mentionnée ci-dessus est liée à la part du transport dans l’impact global du reconditionnement, et à la combustion de carburants fossiles (le mode de transport privilégié étant la livraison express par avion). Une analyse de sensibilité sur les modes de transports doit être réalisée pour consolider les écarts.

L’augmentation des radiations ionisantes est quant à elle liée au mix électrique français.

4.4.2.6. Intervalle de variation des impacts en fonction des reconditionneurs

Le modèle de référence est un modèle fictif. Ce modèle est représentatif d’une moyenne pondérée des données de marché transmises. Au sein de l’échantillon permettant l’établissement du modèle de référence, on observe des profils de sociétés/de mode de reconditionnement très différents. En effet :

- Les taux de changement de pièces varient de 10% (0-1 pièce remplacée, de façon peu fréquente) à 170% (multiples pièces remplacées, de façon plus fréquente) selon les reconditionneurs.
- Le taux d’utilisation de pièces de seconde main est variable : de 0 à 50% des pièces.

- Les distances moyennes estimées pour le parcours total d'un téléphone varient d'un facteur pouvant aller jusqu'à x24 entre 2 reconditionneurs, en fonction de la localisation du reconditionneur et de ses fournisseurs.

Ainsi, l'intervalle de variation entre données unitaires par entreprise et modèle de référence a été évalué :

Impact	Valeur de référence	Valeur (min)	Valeur (max)	Unité
Durée de référence	2	2	2	ans
Dérèglement climatique (GWP)	3,80	2,43	4,94	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	13	6	17	Kg/UF
Production de DEEE	10			g/UF
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	2,98E-04	1,45E-04	3,69E-04	kgeqSb/UF
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	102,6	84,6	116,2	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	6,79	1,61	13,63	m3eq/UF
Acidification (AP)	2,11E-02	1,37E-02	2,85E-02	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	2,01E-07	1,56E-07	2,29E-07	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	8,96	7,82	16,60	kgU235eq/UF

Tableau 20 – Smartphone - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an - Variations entre sociétés

Smartphone reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés – Impacts sur le dérèglement climatique

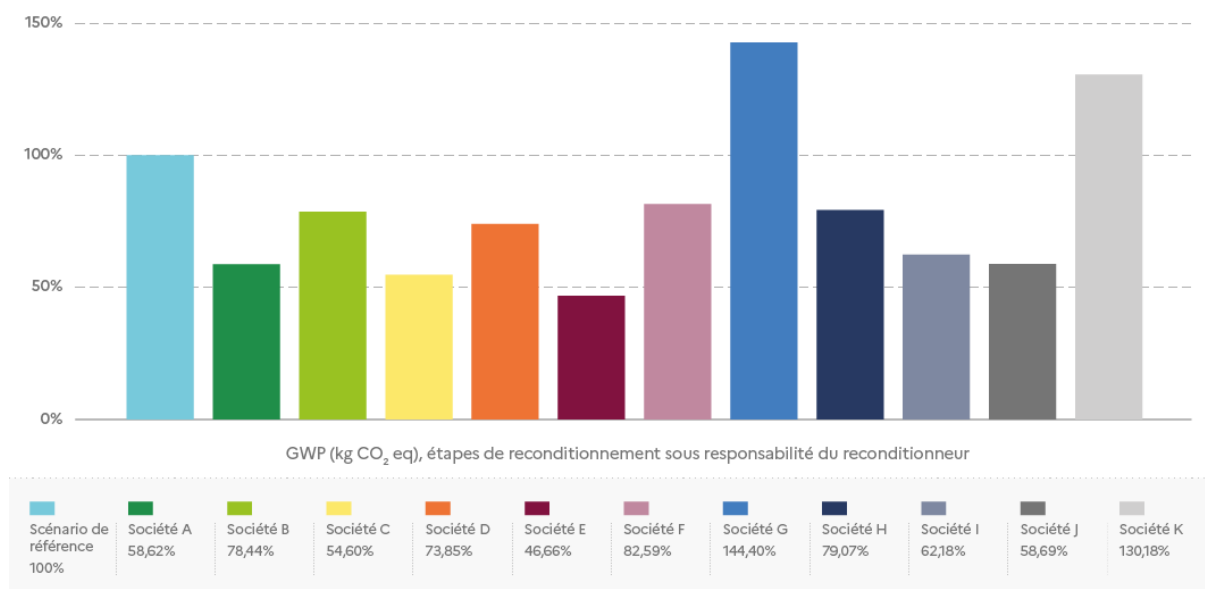


Figure 18 - Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur le dérèglement climatique

**Smartphone reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés
– Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales**

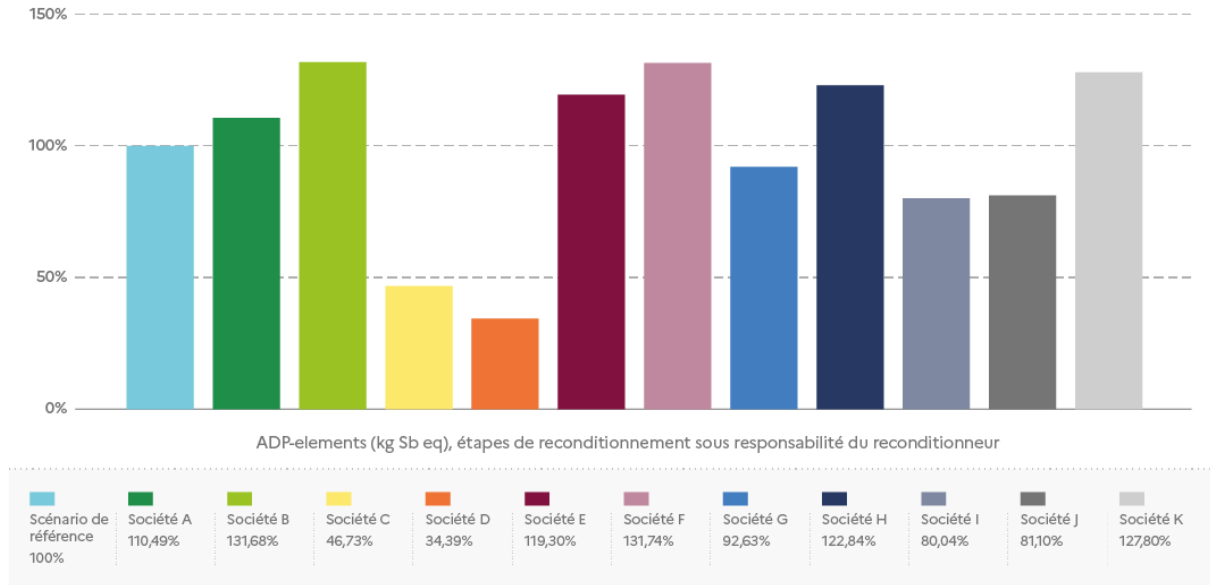


Figure 19 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales

**Smartphone reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés
– Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles**

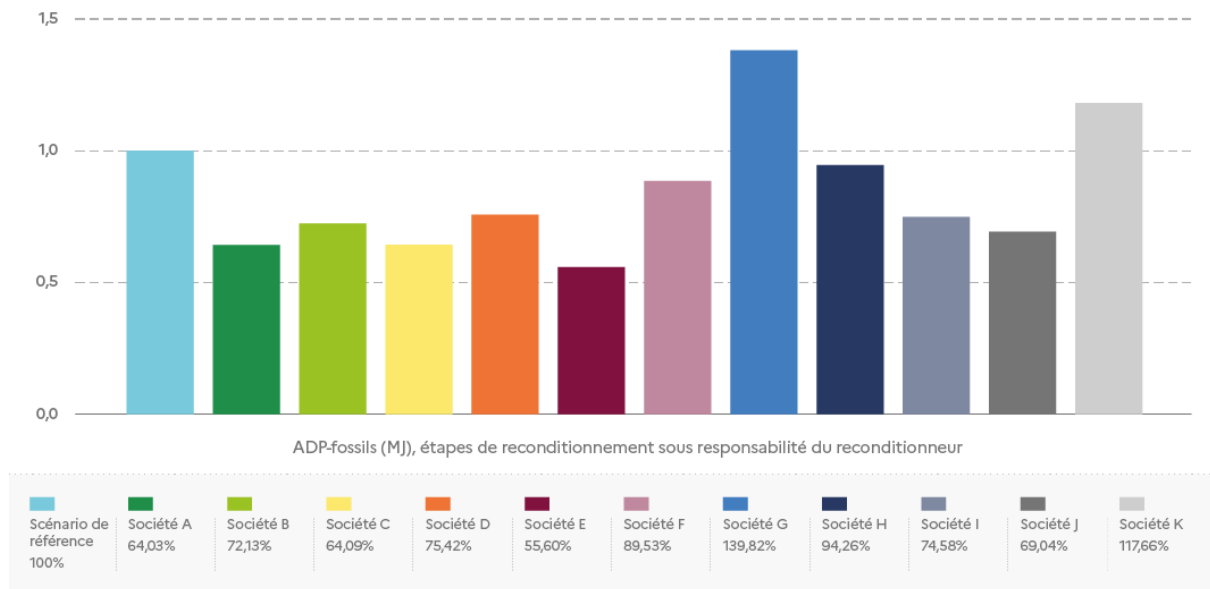


Figure 20 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles

Smartphone reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés – Impacts sur les radiations ionisantes

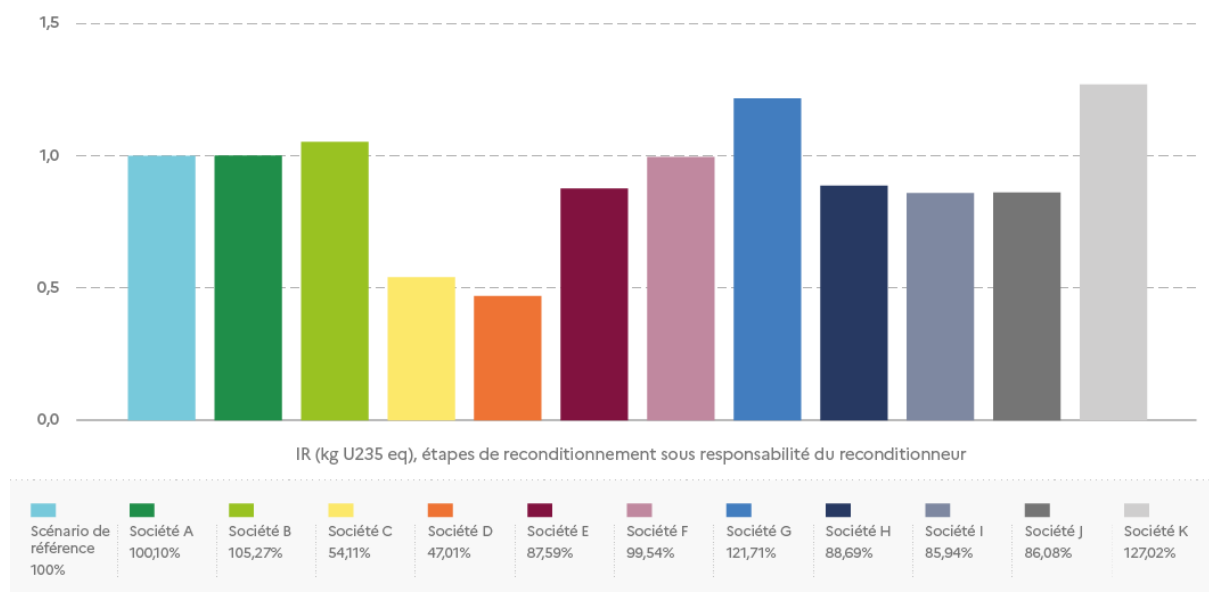


Figure 21 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur les radiations ionisantes

On observe des variations d'impacts très significatives en fonction des profils des entreprises (d'un facteur 4 à 10 entre le minimum et le maximum selon les indicateurs).

Sur le dérèglement climatique :

- la société E est la plus vertueuse, il s'agit d'un reconditionneur français avec un approvisionnement quasi exclusif en France et un faible taux de changement de pièces dont plus de 50% sont issues du reconditionnement.
- la société G est la plus impactante. Elle est située à Hong Kong, s'approvisionne aux US et en Australie, et change 1,7 pièces par équipement avec des pièces détachées neuves.

Sur l'épuisement des ressources naturelles :

- La société D est la plus vertueuse, car elle présente le plus faible taux d'ajout de câbles et chargeurs neufs.
- La société B présente le plus fort impact avec des changements d'écrans nombreux et un ajout de chargeurs, écouteurs et câbles systématiques.

Sur les radiations ionisantes :

- La société D est la plus vertueuse. La société K est la plus impactante. L'impact est directement corrélé avec la consommation du site et l'utilisation du mix français. Cependant, concernant ce paramètre on peut se demander si la variation est liée à des différences effectives de consommation ou à une différence dans le périmètre de la donnée (malgré un travail de consolidation fort)

Constats :

On observe une variation très significative des impacts en fonction des reconditionneurs. Ceci s'explique par des localisations, des scénarios logistiques et des modes de reconditionnement différents.

La variabilité sur quatre indicateurs de références est relativement similaire. Mais les extrêmes ne correspondent pas aux mêmes profils de sociétés.

Analyses :

Les reconditionneurs ont été sélectionnés en fonction de leur lieu d'implantation afin d'être représentatif du marché français : fournisseurs de marketplace et reconditionneurs vendeurs en propre.

Au-delà de leur implantation géographique, les profils des reconditionneurs varient en termes de modèles d'approvisionnement (sélectif ou moins sélectif) et de modes de reconditionnement variés (d'un modèle nettoyage simple sans réparation à un modèle très sécurisé avec systématisation du changement de pièces), et cela se traduit directement dans les résultats d'analyse. L'utilisation d'un modèle de référence est pertinente, mais il est nécessaire de conserver en tête la variation des impacts en fonction des reconditionneurs. Elle est présentée ci-dessous :

4.4.2.7. Intervalle de variation en fonction de la durée de vie

La durée de seconde vie est un paramètre clé de l'impact environnementale d'un mobile reconditionné. Dans le scénario de référence, nous avons fait le choix d'une durée de vie inférieure à la durée de première vie afin d'être dans un scénario réaliste en terme a la fois de comportement et de durée de vie total du produit.

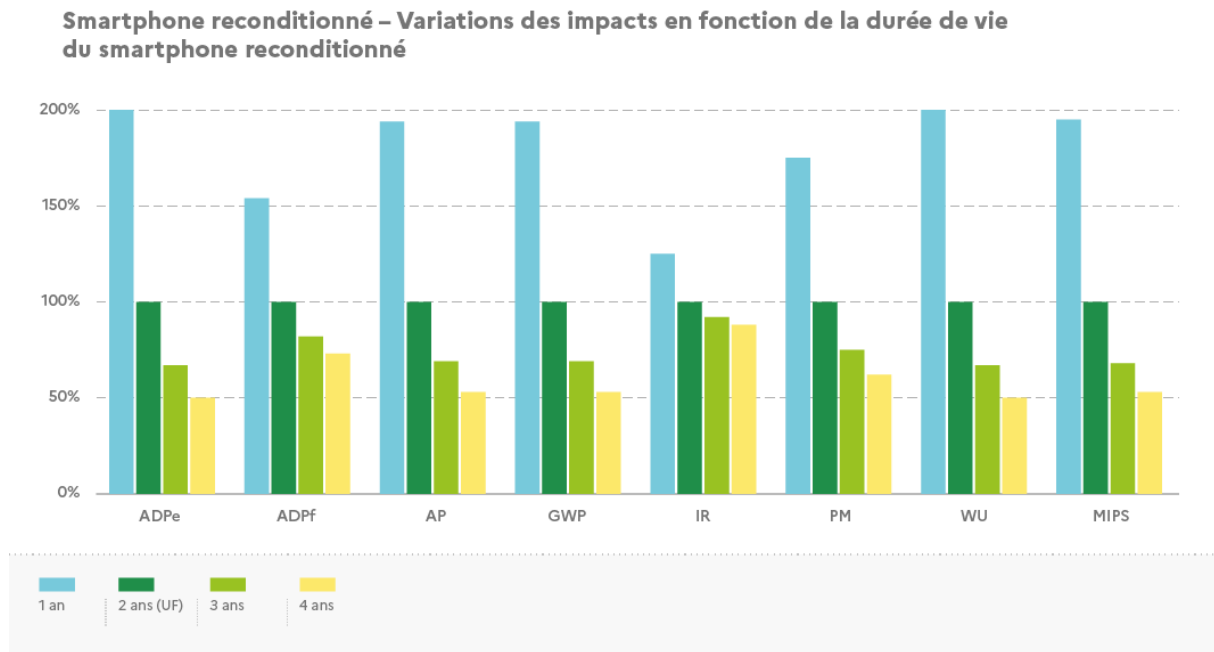


Figure 22 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction de la durée de vie du smartphone reconditionné

Constats :

Compte tenu de l'impact relativement faible de la phase d'usage d'un smartphone, l'impact environnemental du reconditionné varie fortement en fonction de la durée de seconde vie (règle de proportionnalité sur les phases de production, distribution et fin de vie)

Analyses :

La durée de seconde vie est un paramètre dimensionnant clé de l'impact du reconditionnement. Comme pour le neuf, plus la durée de vie est importante, plus l'impact est faible.

4.4.2.8. Analyses de sensibilité complémentaires

4.4.2.8.1. Focus sur le type d'écran

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
LCD – Substitution de la part écran dans le modèle de référence	105%	100%	99%	97%	101%	99%	101%	102%
Smartphone de référence (60% LCD 40% OLED) dans le scénario de référence	2,98E-04	102,64	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
OLED – Substitution de la part écran dans le modèle de référence	93%	101%	102%	104%	98%	101%	99%	97%

Tableau 21 – Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement dans le modèle de référence

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
LCD – Cas du changement d'écran par un LCD	123%	97%	93%	86%	108%	97%	107%	108%
Smartphone de référence (60% LCD 40% OLED) dans le scénario changement d'écran	4,23E-04	122,49	2,88E-02	5,26	10,14	2,47E-07	5,43	18,56
OLED – Cas du changement d'écran par un OLED	65%	104%	110%	121%	88%	105%	90%	88%

Tableau 22 – Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement complet d'écran

Constats :

On constate une variation limitée dans le cas du scénario de référence puisque la part d'écran remplacée est faible. En revanche, on constate des variations plus significatives des impacts en cas de changement d'écran, notamment une variation forte sur l'indicateur ADP-elements

Analyses :

Le type d'écran a un impact significatif sur l'ensemble des indicateurs en cas de changement d'écran. Un écran OLED a un impact plus important sur l'indicateur GWP (lié à sa complexité de fabrication et à la jeunesse de la technologie), mais moindre sur l'indicateur ADP-elements. Inversement, un écran LCD a un impact plus important sur l'indicateur ADP-elements (lié à l'indium présent dans la dalle) mais plus limité sur l'indicateur GWP.

4.4.2.8.2. Focus sur les batteries

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario de référence (35g)	2,98E-04	102,64	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
75g	101%	101%	103%	102%	101%	101%	113%	103%
95g	101%	102%	106%	104%	102%	103%	127%	105%

Tableau 23– Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité masse de batterie

La masse de la batterie déclarée par les reconditionneurs est de 35 g en moyenne. Au fil des générations cette masse augmente, et cela génère un sur-impact des produits (particulièrement sur le critère eau). Cependant, le changement de batterie permettant généralement de prolonger la durée de seconde vie, son impact est à nuancer.

4.4.2.8.3. Focus sur le mode de transport amont

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
Transport trans-continental 100% Avion	100%	116%	123%	133%	101%	105%	100%	121%
Référence	2,98E-04	102,64	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
Transport trans-continental 100% Bateau	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 24– Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de transport amont

Constats :

Le choix du mode de transport a un impact significatif (-14% à +15%) au regard des impacts du smartphone reconditionné sur 1 an.

Analyses :

Un reconditionnement en circuit court est plus vertueux. Le choix du mode d’approvisionnement est clé pour réduire l’impact environnemental du reconditionnement.

4.4.2.8.4. Focus sur le mode de distribution par le particulier

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Référence	2,98E-04	1,03E+02	2,11E-02	3,80E+00	8,96E+00	2,01E-07	6,79E+00	1,26E+01
Distribution Urbain > Boutique/Relais Colis	90,62%	95,77%	95,65%	91,96%	99,77%	94,03%	99,42%	100,00%
Distribution Périurbain > Boutique/Relais Colis	132,05%	117,55%	124,40%	133,05%	100,95%	132,41%	102,11%	100,00%
Distribution Rural > Boutique/Relais Colis	173,79%	140,91%	157,74%	177,01%	102,21%	176,61%	104,88%	100,01%
Distribution Rural > Livraison à domicile	90,33%	94,24%	91,16%	89,18%	99,69%	88,39%	99,34%	100,00%

Tableau 25 – Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de distribution

Constats :

Le choix du mode de distribution vers le particulier a un impact très significatif (-10% à +70%) au regard des impacts du smartphone reconditionné sur 1 an.

Analyses :

Le choix du mode de distribution est clé pour limiter l'impact environnemental du reconditionnement. Il faut notamment éviter autant que possible les déplacements en voiture individuelle pour récupérer le colis (scenarii Périurbain>Boutique et Rural> Boutique).

4.4.3. Normalisation des résultats

4.4.3.1. Résultats normalisés – approche habitant du monde

La normalisation consiste à ramener chaque indicateur à une échelle de référence commune, dans le cas présent : la consommation d'un habitant du monde moyen. Ainsi, l'ensemble des indicateurs est présenté sur une même échelle. La normalisation présente un résultat contrasté en fonction des indicateurs considérés. Les indicateurs prioritaires à prendre en compte sont les suivants :

- Pour la phase de reconditionnement (phase prioritaire dans le cadre de cette étude) :
 - Epuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
 - Consommation d'eau ;
 - Dérèglement climatique ;
- Pour la phase d'usage :
 - Epuisement des ressources fossiles ;
 - Radiations ionisantes (principalement liées à la phase d'usage et à l'utilisation du mix énergétique français).

Ainsi, certaines analyses comparatives seront menées uniquement sur les indicateurs ADPe, ADPf, IR et GWP.

Smartphone reconditionné de référence – Résultats d'impacts après normalisation (habitant du monde) – Sur l'ensemble du cycle de vie (graphique)

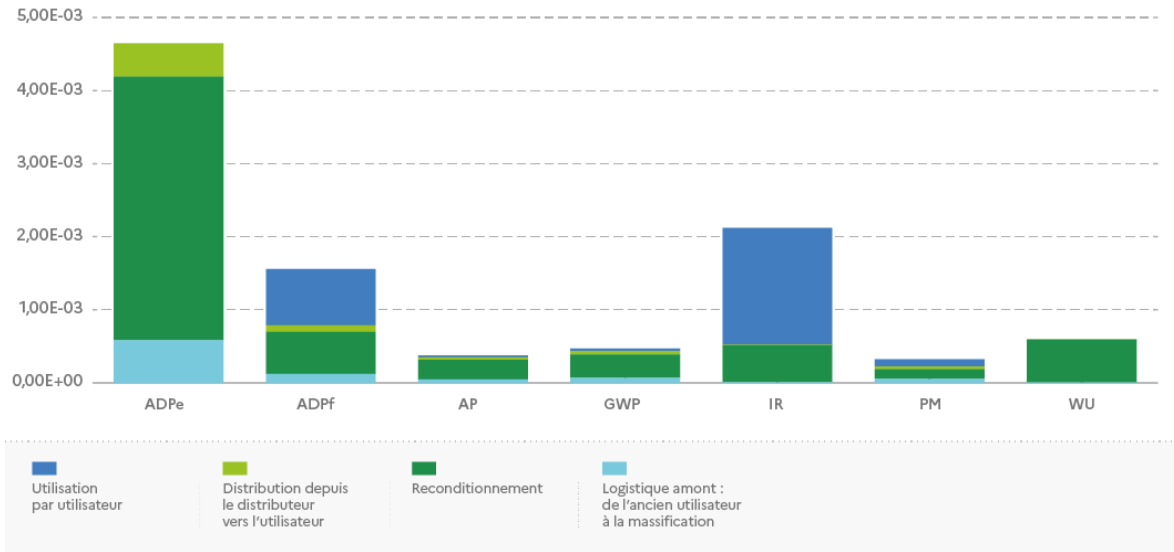


Figure 23 – Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation (habitant du monde) - Sur l'ensemble du cycle de vie

4.4.3.2. Résultats ramenés aux limites planétaires

La normalisation aux limites planétaires permet d'intégrer la notion de budget soutenable dans la normalisation, c'est pourquoi nous avons décidé de l'intégrer dans les résultats présentés. Grâce à cette normalisation, on observe une variation des priorités par rapport à la normalisation précédente, avec un focus à mettre sur :

- L'épuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
- Le dérèglement climatique ;
- L'émission de particules fines.

Smartphone reconditionné de référence – Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

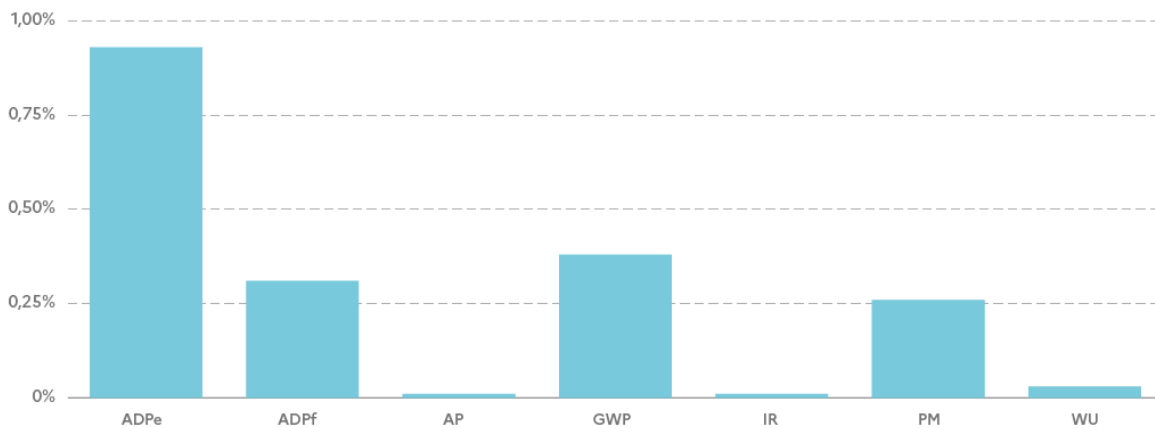


Figure 24 – Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

Note de lecture – la valeur présentée sur le graphique est le pourcentage du budget disponible pour chaque habitant du monde en respectant les limites planétaires. Ainsi on peut dire que l'utilisation pendant 1 an d'un smartphone reconditionné est à l'origine de la consommation de 0,94% du budget en ressources abiotiques minérales d'un habitant du monde

	ADP- elements	ADP- fossils	AP	GWP	IR	PM	W
Facteur de normalisation	3E-02	3E+04	1E+02	1E+03	8E+04	7E-05	3E+04
Smartphone reconditionné de référence - Normalisé aux limites planétaires	0,94%	0,32%	0,01%	0,39%	0,01%	0,27%	0,03%

Tableau 26– Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

Ainsi, pour une communication simplifiée des résultats, le choix a été fait de se focaliser sur :

- L'épuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
- Le dérèglement climatique.

4.4.4. Comparaison smartphone neuf et reconditionné

4.4.4.1. Comparaison des impacts de smartphones neufs et reconditionnés – Approche par substitution

4.4.4.1.1. Présentation des résultats pour les scénarios de référence

Le tableau ci-dessous constitue un rappel des données sur les 2 scénarios qui serviront de référence pour la suite de la comparaison.

Impact sur le cycle de vie complet	Smartphone neuf	Smartphone reconditionné	unité
Durée de vie	3 ans	2 ans	
Dérèglement climatique (GWP)	85,2	7,61	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	268,6	25,3	Kg
Production de DEEE	200,20	22	g
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	2,50E-03	5,97E-04	kgeqSb
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	1 269,1	205	MJ
Consommation d'eau (WU)	89,2	13,6	m3eq
Acidification (AP)	4,89E-01	4,23E-02	kgeqH+
Particules fines (PM)	2,91E-06	4,02E-07	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	36,3	17,92	kgU235eq

Tableau 27- Smartphone de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie)

4.4.4.1.2. Présentation des résultats – Impacts évités

Pour le scénario de référence, l'acquisition d'un smartphone reconditionné utilisé 2 ans en lieu et place d'un smartphone neuf utilisé 3 ans permet d'éviter annuellement les impacts suivants :

Impact	Valeur (/UF)	Valeur (/marché en 2021)	Pourcentage
	VALEURS ABSOLUES	VALEURS ABSOLUES	
Durée de référence du neuf	3 Ans		
Durée de référence du reconditionné	2 Ans		
Nombre d'unités vendues		2,8 millions Unités	
Dérèglement climatique (GWP)	-24,6 kgeqCO2/an	-68 878 TeqCO2/an	-87%
Bagage écologique (MIPS)	-76,9 Kg/an	-215 289 T/an	-86%
Production de DEEE	-55,75 g/an	-156 T/an	-84%
Epuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	-5,36E-04 kgeqSb/an	-2 TeqSb/an	-64%
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	-321 MJ/an	-897 517 153 MJ/an	-76%
Consommation d'eau (WU)	-22,9 m3eq/an	-64 242 212 m3eq/an	-77%
Acidification (AP)	-1,42E-01 kgeqH+/an	-397 TeqH+/an	-87%
Particules fines (PM)	-7,70E-07 disease occurrence/an	-2 disease occurrence/an	-79%
Radiations ionisantes (RI)	-3,13	-8 768 TU235eq/an	-26%

Tableau 28– Comparaison smartphone - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence – 100% correspondant à l'impact de l'équipement de référence

Cet impact évité est variable selon le scénario choisi, il dépend notamment largement de la durée de vie du produit neuf et du produit reconditionné. Les impacts évités sont calculés comme étant la soustraction entre impacts par UF pour le smartphone reconditionné et les impacts par UF pour le smartphone neuf :

$$\text{Impacts évités annualisés} = \frac{\text{Impact équipement reconditionné}}{\text{Durée d'usage de seconde vie}} - \frac{\text{Impacts équipement neuf}}{\text{Durée d'usage de première vie}}$$

A l'échelle d'un individu, la substitution d'un smartphone neuf par un smartphone reconditionné permet d'éviter:

- l'émission de 24,6 kgeqCO2 par an, soit 2,50% de son budget empreinte carbone soutenable annuelle 73,65 km en voiture ;
- l'extraction de 76,9 kg de matière ;
- la production de 55,75 g de déchets électroniques.

A l'échelle de la France, ce marché permet d'éviter

- l'émission de 68 878 TeqCO2 par an, soit 0,1% de son budget empreinte carbone soutenable annuelle ou 206 millions de km en voiture;
- l'extraction de 215 289 tonnes de matières premières
- la production de 156 T de déchets électroniques

4.4.4.1.3. Variantes et intervalles de variation

Compte tenu de la variabilité des résultats en fonction du scénario de reconditionnement, la comparaison a été effectuée selon une approche par substitution entre :

- Un produit neuf moyen d'une durée de vie de 3 ans ;
- Un produit reconditionné fictif de référence pour une durée d'usage de 2 ans ;
- Un produit reconditionné en circuit court* sans accessoire et avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces neuves, et accessoires ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces de seconde main, et accessoires ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** sans accessoire et avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces neuves, et accessoires ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces de seconde main, et accessoires.

* Produit collecté et reconditionné en France **Produit collecté aux Etats Unis et reconditionné en Chine

Comparaison smartphone – Approche par substitution – Résultats

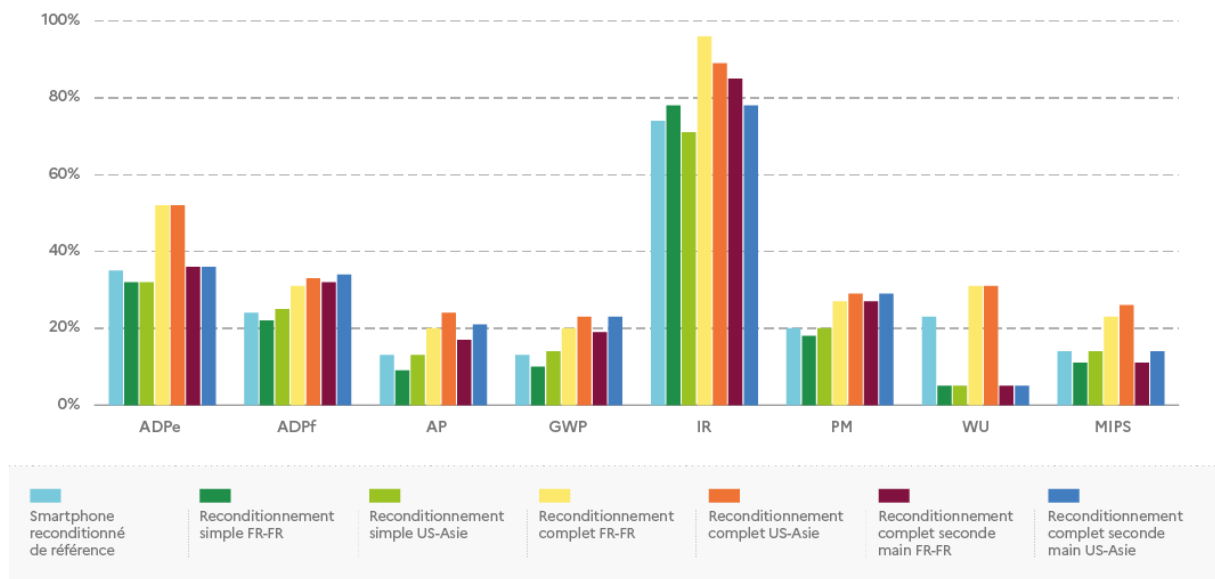


Figure 25 – Comparaison smartphone - Approche par substitution – Résultats - (100% = impact de l'équipement neuf de référence)

Malgré des hypothèses conservatrices pour l'équipement neuf, on constate que les smartphones reconditionnés ont un impact significativement plus faibles : -95 à -48% d'impact annuel hors radiations ionisantes. L'impact sur les radiations ionisantes s'explique par la part du procédé industriel opéré en France dans le cas du reconditionnement.

Quelle que soit la configuration de reconditionnement, la variation des impacts entre les scénarios de reconditionnements n'enlève pas l'impact bénéfique des pratiques de reconditionnement.

4.4.4.2. Comparaison des impacts de smartphones neufs et reconditionnés – Approche par amortissement

Dans l'approche par amortissement, nous considérons que si le reconditionnement intervient avant la fin de la durée de première vie théorique, alors un reste à charge de l'impact environnemental de la première vie est à attribuer à la seconde vie.

Les résultats suivants présentent donc les résultats de cette approche. Pour un souci de lisibilité, l'analyse a été menée sur les quatre indicateurs prioritaires à savoir dérèglement climatique (GWP), épuisement des ressources naturelles minérales et métalliques (ADPe), épuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf) et les radiations ionisantes (IR).

Comparaison smartphone – Approche par amortissement – Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie



Figure 26 – Comparaison smartphone - Approche par amortissement – Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie.

Les premières figures présentent la variation d'impact en fonction de la durée de la première vie. On constate que plus le reconditionnement apparaît tard, plus l'impact environnemental du mobile reconditionné est favorable. Si le reconditionnement intervient avant la première année alors le reconditionnement n'est pas favorable. Cela renforce la conclusion générale qu'il vaut mieux faire durer son smartphone que le remplacer. De plus, le marché du reconditionné pour être vertueux ne doit pas se baser sur un marché de surconsommation (notamment le marché US).

Une seconde analyse a été menée. Celle-ci permet de combiner les notions de durée de première vie et de type de reconditionnement. Le scénario de reconditionnement minimum correspondant à un nettoyage simple sur le territoire national quand le reconditionnement maximum correspond à un changement de toutes les pièces. On s'aperçoit encore plus nettement que si le reconditionnement fait intervenir un grand nombre de changement de pièces, il peut s'avérer moins favorable avant la seconde année de durée de vie.

Comparaison smartphone – Approche par amortissement – Variation en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement

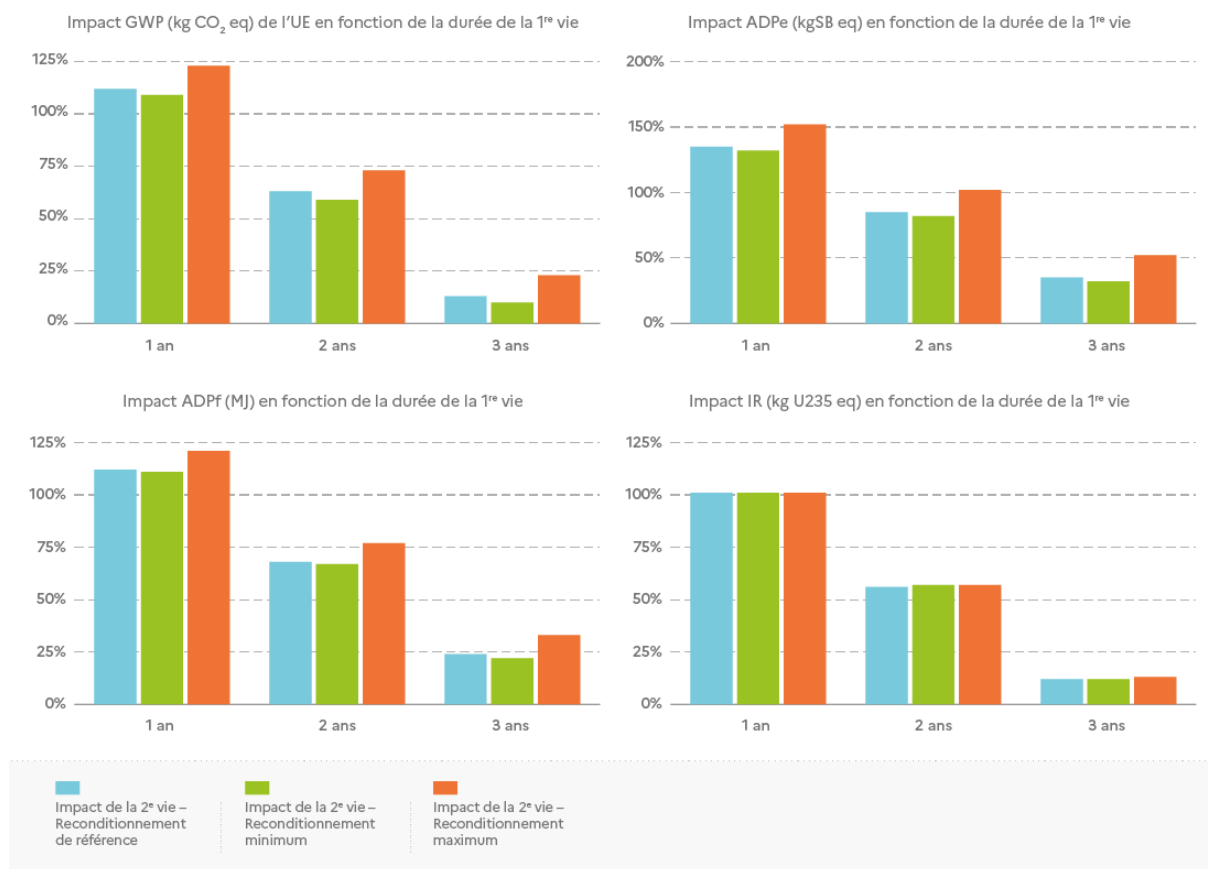


Figure 27 – Comparaison smartphone - Approche par amortissement – Variation en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement.

Plus le reconditionnement intervient tôt, plus son impact doit être compensé par une durée de seconde vie longue. Ainsi, il n'est pas question de faire durer moins longtemps son smartphone reconditionné parce qu'il est de seconde main.

4.4.4.3. Comparaison – Analyse de scénarios comportementaux

Les résultats présentés ci-dessous permettent d'illustrer l'intérêt de l'acquisition d'un équipement reconditionné en fonction du comportement du premier utilisateur et des suivants avec une approche comportementale.

Dans cette scénarisation, l'impact sur le dérèglement climatique varie selon le type d'achat (neuf ou reconditionné), la fréquence d'achat, la durée de 1^{er} vie de l'équipement reconditionné, la durée de détention/utilisation de l'équipement.

COMMENT LIRE LES GRAPHIQUES :

Ce graphique permet d'identifier simplement les scénarios d'achats de smartphones reconditionnés plus ou moins vertueux que l'achat neuf (d'un point de vue dérèglement climatique) selon une approche marché. Il s'agit de reporter une partie des impacts de la production de l'équipement du neuf sur le produit reconditionné. Cette approche marché est liée à la durée d'usage théorique : 3 ans pour un smartphone neuf et 2 ans pour un reconditionné. Nous avons modélisé 6 comportements d'achats sur une période de 6 années :

- l'acheteur régulier de smartphone reconditionné mais récent : achat tous les 2 ans d'un smartphone datant d'un an.
- l'acheteur raisonnable de smartphone reconditionné : achat tous les 2 ans d'un smartphone datant de 2 ans.
- l'acheteur vertueux de smartphone reconditionné : achat tous les 3 ans d'un smartphone datant de plus de 3 ans.
- l'acheteur raisonnable de smartphone neuf : achat tous les 3 ans.

Comparaison smartphone de référence – Approche par amortissement – Résultats marché sur 6 ans pour le dérèglement climatique

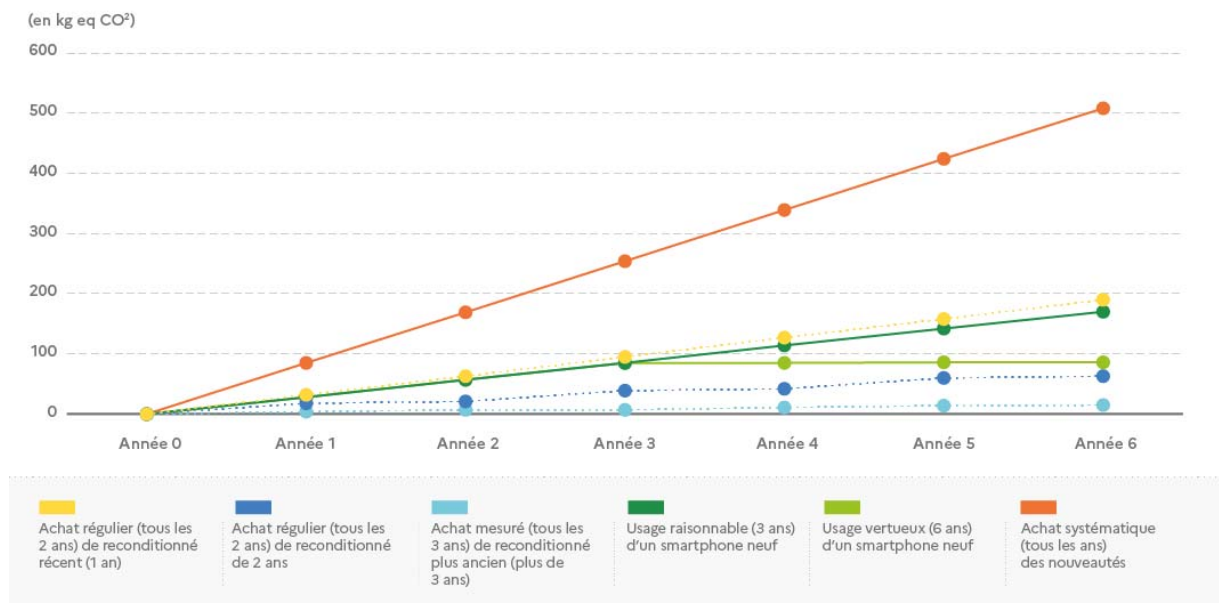


Figure 28 – Comparaison smartphone de référence - Approche par amortissement - Résultats marché sur 6 ans pour le dérèglement climatique

Les équipements neufs et reconditionnés sont alternativement plus vertueux/plus impactants selon le scénario.

Le cas minimisant les impacts GWP de façon systématique est l'achat mesuré : achat tous les 3 ans (ou plus) d'un équipement reconditionné ayant eu une 1^e vie de 3 ans (ou plus).

NOTE – Les résultats chiffrés sont présentés en annexe (9.5.1)

4.5. Extrapolation aux tablettes

Le cas de la tablette a été extrapolé à partir des données smartphones collectées auprès des reconditionneurs, les volumes de reconditionnement de tablettes étant faibles et ces équipements suivant la même filière que les smartphones.

4.5.1. Données de références

Les tablettes sont collectées et traitées dans les mêmes circuits et processus que les smartphones. Ainsi, une extrapolation du modèle de référence Smartphone a été réalisée afin d'établir un modèle de référence pour les équipements de type tablette. Pour cela, les masses, tailles et caractéristiques des pièces ont été modifiées afin de correspondre aux caractéristiques des tablettes.

	Tablette reconditionnée	Tablette neuve
Type de modélisation	Extrapolation	
Sources des données	Reconditionneurs (11 collectes)	Etude ADEME/ARCEP – Base de données NegaOctet
Reconditionneurs	Agora Place, Backmarket, Bak2, Itancia, Largo, Le GSM, Recommerce, Sofigroupe, Riitekpro + 2 reconditionneurs (CONFIDENTIEL)	
Types de données	Primaire	Secondaire
Modèle de référence	Produit moyen basé sur les collectes reconditionneurs	Produit moyen basé sur le marché Français
Caractéristiques du modèle de référence	<p>Lieu de reconditionnement : France (48%) Europe (26%) Asie (26%)</p> <p>Lieu d'approvisionnement : France (18%) Europe (44%) Asie (11%) US (25%)</p> <p>Caractéristiques moyennes : Masse : 478g Taille de l'écran : 10'5 pouces Type d'écran : 100% LCD Poids de la batterie : 193g Stockage : 256Go</p> <p>Remplacement de pièce moyen : Ecran : 71,52 cm² Batterie : 41 g 0,5 unités non électroniques 0,21 unités électroniques 0,03 cartes circuits imprimés</p>	<p>Lieu de production : Asie (100%)</p> <p>Lieu d'approvisionnement : Asie (100%)</p> <p>Caractéristiques moyennes : Masse : 478g Taille de l'écran : 10'5 pouces Type d'écran : 100% LCD Poids de la batterie : 193g Stockage : 266Go</p>
Consommation en phase d'usage	18,6 kWh/an	18,6 kWh/an
Lieu d'utilisation	France	France
Durée de vie	2 ans	3 ans

Tableau 29 – Caractéristiques de référence des tablettes

En complément, le modèle de référence neuf a été adapté aux tablettes

TABLETTE				
USAGE PARTICULIER	CAT. 1	CAT. 2	CAT. 3	MOYENNE
Répartition	33%	33%	33%	100%

Poids de l'équipement (kg)	0,465	0,498	0,471	0,478
Poids de l'emballage (kg)	0,093	0,0996	0,0942	0,0956
Taille de l'écran (pouces)	10,2	10,3	11,1	10,53333333
Technologie de l'écran	LCD Tactile	LCD Tactile	LCD Tactile	
Type de processeur	Huawei Kirin 659	A10 Fusion	Apple A12 Bionic	
RAM (Go)	4	4	6	4,666666667
Stockage SSD (Go)	32	256	512	266,6666667
Surface carte mère (cm ²)	400,84	421,35	461,14	427,7766667
Masse batterie (g)	156,2	205,8	216,4	192,8
Consommation considérée annuellement (Wh/an)	0,5h par jour (mode actif), 23,5h par jour (stand-by)			18,6
Exemple de produit de référence	Huawei Mediapad M3 Lite 10.1	Samsung Galaxy Tab S5e	Apple iPad Air 4	

Tableau 30 – Caractéristiques des tablettes neuves considérées

4.5.2. Résultats

4.5.2.1. Impacts d'une tablette reconditionnée de référence à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage)

Pour chaque année d'usage, les impacts sur le cycle de vie d'une tablette reconditionnée de référence sont les suivants :

Impact	Valeur	Unité
Dérèglement climatique (GWP)	5,63	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	20	Kg/UF
Production de DEEE	40	g/UF
Epuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	4,19E-04	kgeqSb/UF
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	303,3	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	13,97	m3eq/UF
Acidification (AP)	3,38E-02	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	4,59E-07	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	35,57	kgU235eq/UF

Tableau 31 – Tablette de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an

4.5.2.2. Comparaison des impacts tablettes neuves et reconditionnées.

Le calcul réalisé pour les tablettes étant une extrapolation des calculs réalisés pour les smartphones, l'analyse générale des résultats est très similaire à celle obtenue pour les smartphones. Ainsi, une synthèse comparative a uniquement été réalisée pour cette famille de produit en considérant ;

- Un produit neuf moyen d'une durée de vie de 3 ans ;
- Un produit reconditionné fictif de référence pour une durée d'usage de 2 ans ;
- Un produit reconditionné en circuit court* sans accessoire et avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces neuves, et accessoires ;

- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces de seconde main, et accessoires ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** sans accessoire et avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces neuves, et accessoires ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces de seconde main, et accessoires.

* Produit collecté et reconditionné en France

**Produit collecté aux Etats Unis et reconditionné en Chine

Comparaison tablettes – Approche par substitution – Résultats pour un an

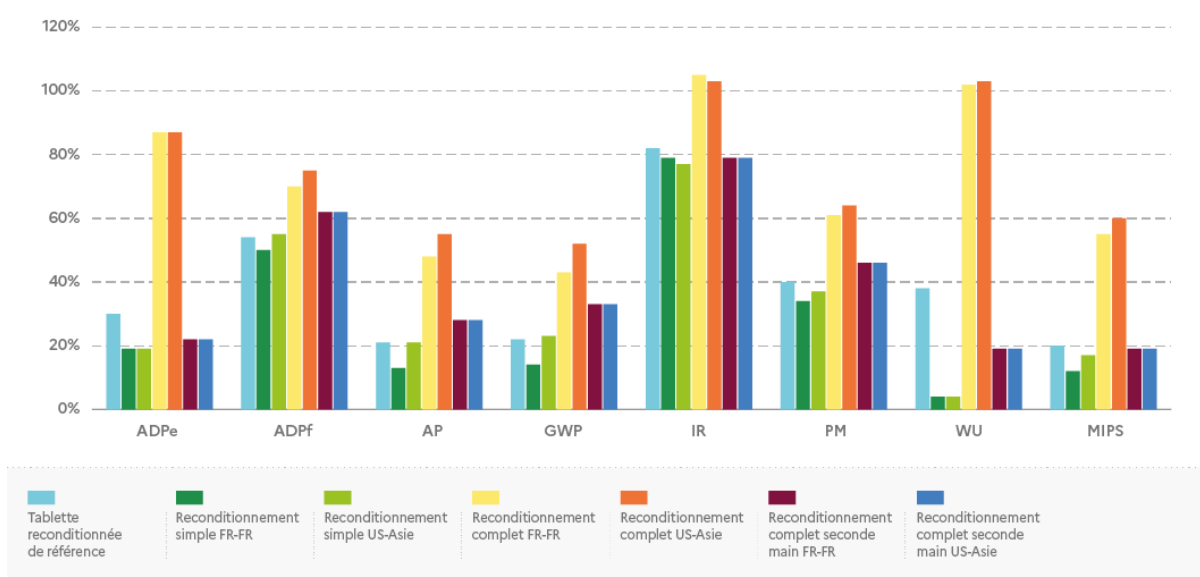


Figure 29 – Comparaison tablettes - Approche par substitution - Résultats pour un an (100% = impact de l'équipement neuf de référence)

Malgré des hypothèses conservatives pour l'équipement neuf, on constate que les tablettes reconditionnées ont un impact significativement plus faibles : -98 à -26% d'impact annuel hors radiations ionisantes. L'impact sur les radiations ionisantes s'explique par la part du procédé industriel opéré en France dans le cas du reconditionnement.

Dans la majorité des cas, la variation des impacts entre les scénarios de reconditionnement n'enlève pas l'impact bénéfique des pratiques de reconditionnement.

Le dépassement d'impact sur IR et WU est lié au remplacement de la batterie et à l'utilisation du mix énergétique français pour le reconditionnement complet.

4.5.2.3. Impacts évités par l'acquisition d'une tablette reconditionnée – Approche par substitution

Pour le scénario de référence, dans le cas de l'acquisition d'une tablette reconditionnée utilisée 2 ans en lieu et place d'une tablette neuve utilisée 3 ans permet d'éviter annuellement les impacts suivants :

Impact	Valeur	Unité	%
DUREE DE REFERENCE DU NEUF	3	Ans	
DUREE DE REFERENCE DU RECONDITIONNE	2	Ans	
Dérèglement climatique (GWP)	-20,3	kgeqCO2/an	-78%

Bagage écologique (MIPS)	-80,1	Kg/an	-80%
Production de DEEE	-120	g/an	-75%
Epuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	-9,80E-04	kgeqSb/an	-70%
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	-260	MJ/an	-46%
Consommation d'eau (WU)	-22,9	m3eq/an	-62%
Acidification (AP)	-1,26E-01	kgeqH+/an	-79%
Particules fines (PM)	-6,79E-07	disease occurrence/an	-60%
Radiations ionisantes (RI)	-7,98	kgU235eq/an	-18%

Tableau 32 – Comparaison tablette - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence - 100% étant l'impact de l'équipement de référence.

Cet impact évité est variable selon le scénario choisi, il dépend notamment largement de la durée de vie du produit neuf et du produit reconditionné. Les impacts évités sont calculés comme étant la soustraction entre impacts par UF pour le smartphone reconditionné et les impacts par UF pour le smartphone neuf :

$$\text{Impact évité annualisé} = \frac{\text{Impact équipement reconditionné}}{\text{Durée d'usage de seconde vie}} - \frac{\text{Impact équipement neuf}}{\text{Durée d'usage de première vie}}$$

5. Famille des ordinateurs

5.1. Ordinateur portable

5.1.1. Généralités

Définition : « un ordinateur est conçu spécifiquement pour la portabilité et pour être utilisé pendant de longues périodes, avec ou sans connexion directe à une source d'alimentation. Il a un écran intégré ». ³⁵

5.1.2. Définition des modèles de références

Les modèles de références ont été définis de manière à :

- Etre représentatif de la réalité des marchés des acteurs du reconditionnement ayant participé à l'étude ;
- Etre compatible avec l'ensemble des travaux coordonnés par l'ADEME en ce début d'année 2022 afin de permettre une vision harmonisée des pratiques du numérique responsable.

	Ordinateur portable reconditionné	Ordinateur portable neuf
Sources des données	Reconditionneurs (8 collectes)	Etude ADEME/ARCEP – Base de données NegaOctet
Reconditionneurs	Ateliers du bocage, ATF Bis Repetita, ATF GAIA, CRS, Emmaus Connect, Ingram, Lm Eco Production, Okamac, Recyclea	
Types de données	Primaire	Secondaire
Modèle de référence	Produit moyen basé sur les collectes reconditionneurs	Produit moyen basé sur le marché Français
Caractéristiques du modèle de référence	<p>Lieu de reconditionnement : France (84,35%), Emirats Arabes Unis (15,65%)</p> <p>Lieu d'approvisionnement : France (66.67%), Europe (18.67%), US (10.56%), Australie (3.00%), Emirats Arabes Unis (1.11%)</p> <p>Caractéristiques moyennes : Masse : 2 Kg Taille de l'écran : 13 pouces Type d'écran : 88%LCD, 12%OLED Stockage : 500Go (SSD : 34% HDD : 66%) RAM : 16Go (20g) Poids de la batterie : 300g</p> <p>Remplacement de pièce moyen : 8,97 cm2 d'écran LCD / 5.98 cm2 d'écran OLED 0,05 unité de RAM / 0,08 unité de disque dur 7,58 g de batterie / 0,17 unités électroniques</p>	<p>Lieu de production : Asie (100%)</p> <p>Lieu d'approvisionnement : Asie (100%)</p> <p>Caractéristiques moyennes : Masse : 1,6 Kg Taille de l'écran : 14,5 pouces Type d'écran : 88%LCD, 12%OLED Stockage : 500Go (100% SSD) RAM : 13Go (20g) Poids de la batterie : 244g</p>
Consommation en phase d'usage (perso)	29,1 kWh/an	29,1 kWh/an
Lieu d'utilisation	France	France
Durée de vie	3 ans	5 ans

Tableau 33– Présentation des caractéristiques des ordinateurs portables de références

On notera dans ce tableau un décalage des caractéristiques techniques entre le modèle de référence reconditionné et le modèle de référence neuf. Cela correspond à la réalité du marché, le renouvellement des équipements neufs se faisant en fonction des dernières innovations du secteur.

³⁵ Définition from the ICT report : European Commission, *ICT Impact study, Final report*, prepared by VHK and Viegand Maagøe for the European Commission, July 2020, p.128

Consommation électrique : 29,1 kWh/an en 2020. La consommation d'électricité des ordinateurs portables est basée sur le rapport ICT 2020.³⁶

NOTE – Nous ne sommes pas en mesure de différencier les consommations des équipements neufs et reconditionnés. Nous avons donc opté pour une consommation moyenne. On notera cependant que malgré une amélioration de la consommation d'énergie des équipements, les équipements distribués sont de plus en plus performant ce qui réduit la différence de consommation d'énergie entre neuf et reconditionné.

Durée de vie typique :

- Pour un ordinateur portable neuf : 5 ans³⁷;
- Pour un ordinateur reconditionné : 3 ans.

5.1.3. Hypothèses et données d'entrée

5.1.3.1. Cas du reconditionnement

5.1.3.1.1. Profil des reconditionneurs

La collecte des données a été réalisée auprès de 8 reconditionneurs internationaux. Ce travail a permis de mettre en avant des profils de reconditionneurs très différents. Les paramètres variants sont les suivants :

- Localisation du reconditionneur ;
- Localisation des fournisseurs du reconditionneur ;
- Pratiques de reconditionnement :
 - Nombre de changement de pièces ;
 - Type de pièces changées ;
 - Utilisation de pièces reconditionnées.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différents profils.

		Société A	Société B	Société C	Société D	Société E	Société G	Société H	Société I	Société J	
Localisation		France	France	France	France	France	France	EAU	France	France	
Nombre d'unités reconditionnées en 2020 (en millier d'unités)		44,9	23,2	5	0,5	7	31,2	40	46,8	7,5	
Typologie de reconditionnement – Proportion changement de pièce	52.03%	0%	140%	2%	0%	0%	229%	50%	0%	46%	
Typologie de pièces - % de pièces issues du reconditionnement	40.18%	0%	58%	100%	0%	0%	23%	39%	67%	75%	
Source principale des produits	France	66.67%	100%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%
	Europe	18.67%	0%	60%	0%	0%	0%	88%	20%	0%	0%
	Asie	0.00%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	US	10.56%	0%	40%	0%	0%	0%	5%	50%	0%	0%
	Australie	3.00%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	20%	0%	0%

³⁶ European Commission, *ICT Impact study, Final report*, prepared by VHK and Viegand Maagøe for the European Commission, July 2020, p.138; Viegand Maagøe (2018), Internal modelling files that supports the computer regulation.

³⁷ Renouvellement des terminaux mobiles et pratiques commerciales de distribution – ARCEP – juin 2021

			Société A	Société B	Société C	Société D	Société E	Société G	Société H	Société I	Société J
	Emirats Arabes Unis	1.11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%

**plus d'une pièce changée par ORDINATEUR*

***changement de pièces quasi-systématique*

****la moitié des pièces remplacées sont issues du reconditionnement*

Tableau 34 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Présentation des profils des reconditionneurs - Synthèse

Il est à noter que le couple lieu de reconditionnement/lieu d'approvisionnement a une influence directe sur la distance parcourue par les équipements et les pièces de rechange ainsi que sur la répartition des impacts entre transport amont et transport aval. Les distances présentées dans le tableau 4 ont été utilisées pour caractériser les transports amont et aval des différentes fractions.

5.1.3.1.2. Caractéristiques par défaut

Afin de définir les impacts associés à chaque donnée collectée, des hypothèses ont été formulées concernant les éléments constitutifs de l'ordinateur portable reconditionné, des pièces de rechange et de ses accessoires.

Ecran					
Ecran	800	g	Taille écran	465,9	Cm ²
Ecran / % LCD	88%		Ecran / % OLED	12%	
Stockage					
SSD	60	g	Volume Disque SSD	512	Go
HDD	115	g			
RAM					
RAM	20	g	Volume RAM	16	Go
Autres					
Clavier	200	g			
Batterie	300	g	Chargeur	300	g

Tableau 35 – Ordinateur portable reconditionné - Caractéristiques physiques des différents éléments considérés pour le modèle de référence

5.1.3.1.3. Données de collecte par UF

		Réf.	Min	Max	Unité
PARTIE INVARIANTE					
Approvisionnement – Utilisateur précédent vers massification					
Transport depuis l'utilisateur vers son point de collecte					
	Transport en commun	0,85	0,54	1,73	passager.km
	Voiture	3,62	2,29	7,36	passager.km
	Camionnette	6,94	4,36	14,09	kg.km
Transport depuis le point de collecte vers massification					
	Camion	3 150,60	1 987,18	6 404,79	kg.km
Approvisionnement – Massification vers reconditionneurs					
Transport du centre de massification vers le reconditionneurs					
	Camion	3 624,96	1 987,18	6 570,51	kg.km
	Bateau	3 833,33	0	34 500,00	kg.km
	Avion	1 707,56	3 557,69	11 810,34	kg.km
Emballage					
	Carton	0,3	0	0,68	kg
	Plastique	0,02	0	0,05	kg
	Palette	0,19	0,01	0,46	kg
Consommation du site					
	Electricité	6,12	0,23	13,11	kWh
	Eau	0,010	0,000	0,020	m3
	Gaz	4,740	0,090	33,270	MJ
Contrôle					
	Papier	0,010	0,000	0,010	kg
Nettoyage (si pas renseigné valeurs max pour alcool et coton)					
	Alcool ménager – Détergeant – Désinfectant, etc. (l)	0,010	0,000	0,010	kg
Accessoires					
Chargeur (Power supply)					
	Production	0,35	0	1	unité
Approvisionnement					
	Camion	48,58	0,34	270	kg.km
	Bateau	58,43	0	525,86	kg.km
	Avion	269,94	3,40	1620	kg.km
Souris					
	Production	0,11	0	1	unité
Packaging					
Carton					
	Production	0,24	0,08	0,27	unité
	Approvisionnement				
	Camion	414,61	78,28	1 462,50	kg.km
	Avion	2 399,66	782,78	2 723,04	kg.km
Plastique					
	Production	0,15	0	0,22	unité
	Approvisionnement				

		Réf.	Min	Max	Unité
	Camion	177,93	1,21	284	kg.km
	Bateau	162,5	162,5	162,5	kg.km
	Avion	2 150,47	2 150,47	2 150,47	kg.km
Verre trempé					
	Production	2,04 ^E -01	0	1,84	kg
	Approvisionnement				
	Camion	2,04 ^E -01	0	1,84	kg.km
Papier					
	Production	1,79 ^E -04	1,5 ^E -05	1,61 ^E -03	kg
	Approvisionnement				
	Camion	1,79 ^E -01	0,1	1,61	kg.km
Reconditionnement vers stock de vente					
	Camion	271,67	0	2 445,00	kg.km
	Avion	1 411,11	0	12 700,0	kg.km
Distribution vers points de vente					
	Camion	2 248,75	1 329,06	4 447,40	kg.km
Points de vente vers utilisateurs					
	Transport en commun	0,54	0,29	1,19	passager.km
	Voiture	2,3	1,23	5,06	passager.km
	Camionnette	4,4	2,35	9,67	kg.km
PARTIE VARIABLE					
Changement écran					
Production					
	LCD	1,54	0,17	10,64	cm ²
	OLED	0,21	0,02	1,45	cm ²
	seconde main	13,2	0,12	108,8	cm ²
Transport estimé					
	Camion	3,09	1,12	20,73	kg.km
	Avion	27,04	36	207,33	kg.km
Changement batterie					
Production					
	Batterie Lithium	5,58	0,07	31,69	g
	2d main	2	0,97	17,06	g
Approvisionnement					
	Camion	18,86	0,07	102,56	kg.km
	Avion	155,83	0,71	1 025,64	kg.km
Changement RAM					
Production					
	RAM	0,03	0,01	0,2	unité
	2d main	0,02	0	0,1	unité
Transport estimé					
	Camion	2,18	0,05	16,55	kg.km
	Avion	19,85	0,45	165,54	kg.km
Changement disque dur					

		Réf.	Min	Max	Unité
Production					
	SSD	0,04	0,01	0,17	unité
	HDD	0,01	0	0,03	unité
	2d main	0,04	0,07	0,22	unité
Transport estimé					
	Camion	6,11	0,53	22,77	kg.km
	Avion	23,68	5,26	133,65	kg.km
Changement divers électronique					
Production					
	Composant	0,15	0	1,32	unité
	2d main	0,03	0	0,23	unité
Transport estimé					
	Camion	1,47	0	13,21	kg.km
	Avion	14,67	0	132,05	kg.km

Tableau 36 – Données de collecte ordinateur portable reconditionné

5.1.3.2. Cas de l'ordinateur portable neuf

5.1.3.2.1. Caractéristiques par défaut

le modèle pour l'Ordinateur portable est un mix pondéré de trois configurations, avec les caractéristiques suivantes :

	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Moyenne
Profil	Chromebook	Bureautique	Gaming	
Répartition	40%	49%	12%	
Poids de l'équipement (kg)	1,5	1,54	2,3	1,61
Poids de l'emballage (kg)	0,3	0,3	0,46	0,323
Taille de l'écran (pouces)	14,5	14,5	15,6	14,6287
Technologie de l'écran	LCD	LCD	LED	
Type de processeur	AMD Ryzen 5	Intel® Core™ i7 de 8 ^e génération	Intel Core i5	
RAM (Go)	16	8	16	13,33333333
Stockage SSD (Go)	427	564	512	503,801
Surface carte mère (cm²)	52,93	62,03	88,22	61
Type de carte graphique	Intégrée	Intégrée	NVIDIA Ampere GeForce RTX 2060 6Go	
Masse batterie (g)	330	165	287	244
Alimentation externe (g)	245	211	208	224

Tableau 37- Caractéristiques de l'ordinateur de référence neuf

5.1.4. Résultats

5.1.4.1. Avant-propos

Comme présenté ci-avant, un modèle de référence a été établi. À partir de ce modèle, différents paramètres de variations ont été identifiés et seront étudiés dans le présent rapport. Ces paramètres correspondent à :

- La localisation des reconditionneurs ;
- Les consommations du processus de reconditionnement ;
- La provenance des produits à reconditionner ;
- Le type de reconditionnement allant du nettoyage simple au remplacement de l'ensemble des pièces d'usures.

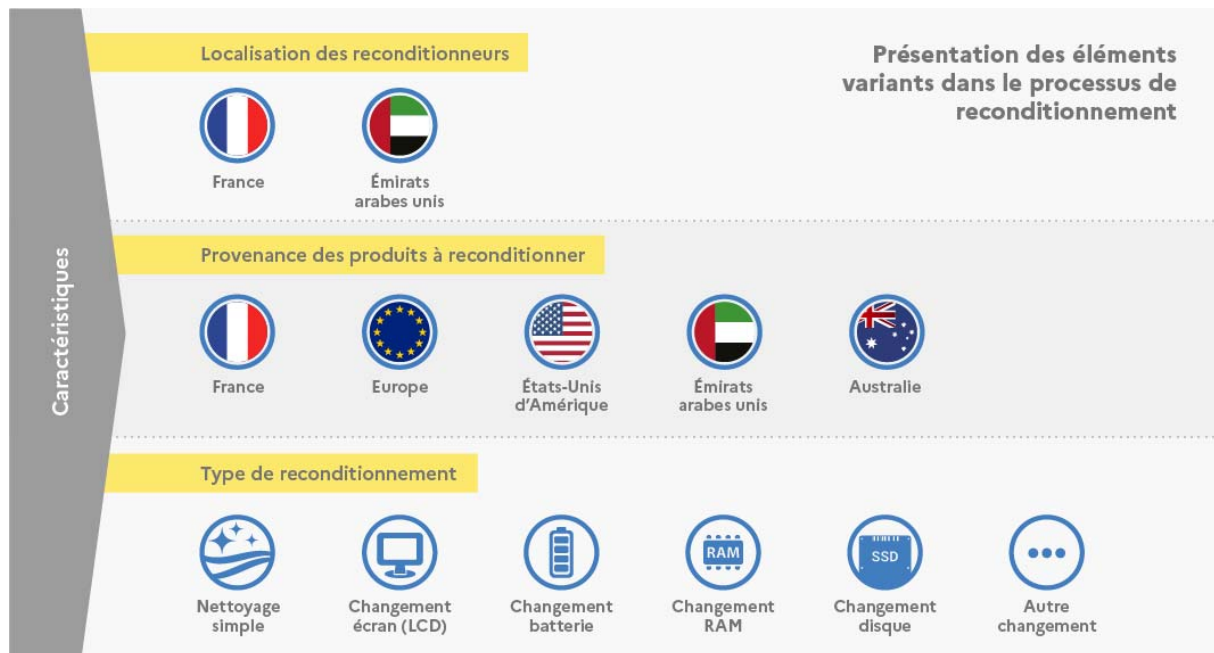


Figure 30 – Présentation des éléments variants dans les processus de reconditionnement

Par la suite, les analyses seront faites à deux niveaux :

- Le niveau du cycle de vie complet décomposé dans le graphique ci-dessous selon les métiers et selon les sources d'impacts ;
- Le niveau du reconditionnement uniquement (périmètre formalisé en rouge dans le graphique ci-dessous).

Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées

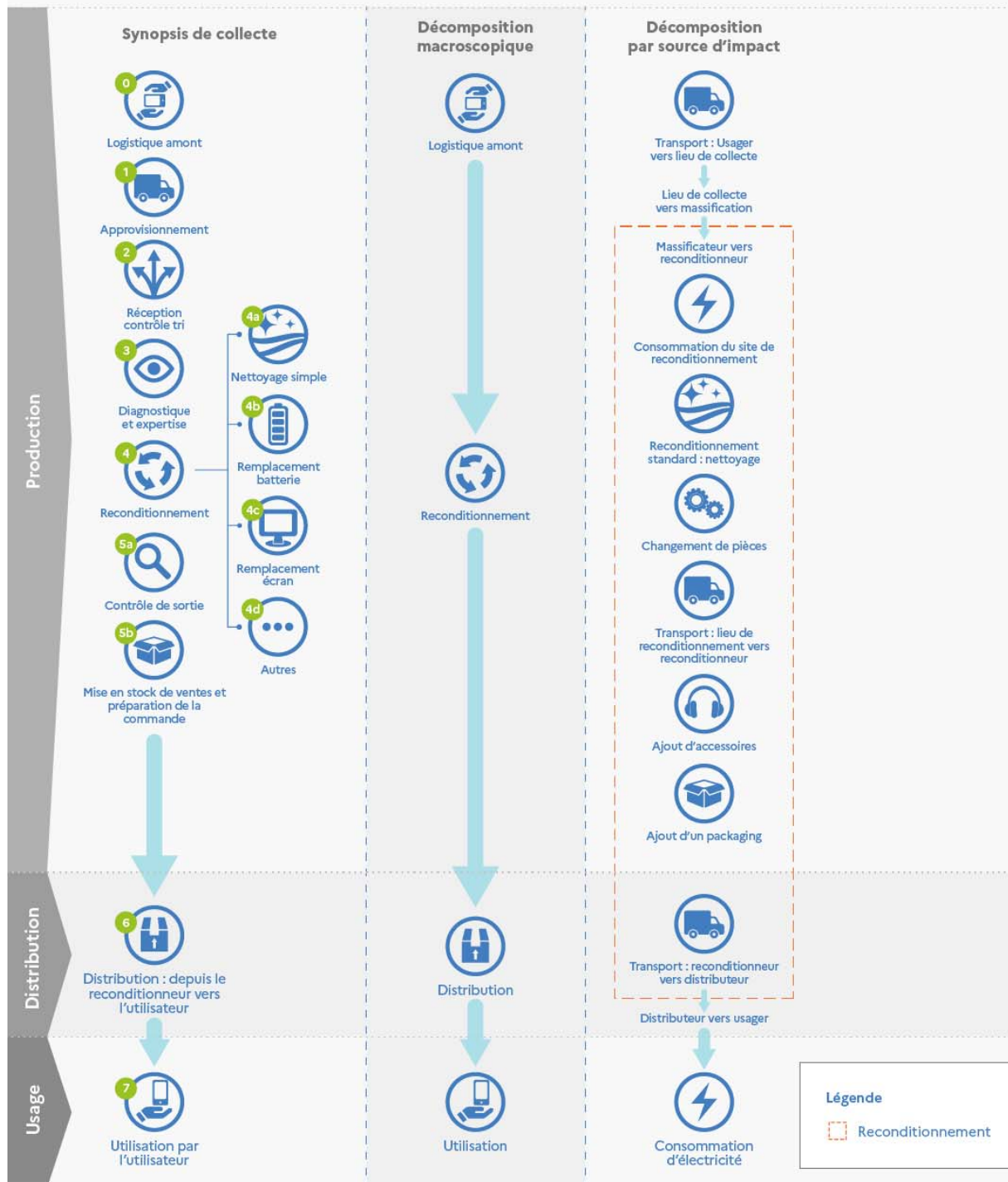


Figure 31 – Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées

Les résultats quant à eux seront présentés avec comme échelle de référence : la durée de vie de l'équipement ou l'unité fonctionnelle

Rappel – Abbréviations indicateurs

ADP – Elements = Épuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et minéraux

ADP – fossils = Épuisement des ressources naturelles abiotiques – énergie fossile

AP = Acidification

GWP = Changement climatique

IR = Radiations ionisantes

PM = Particules fines

WU = Consommation d'eau

MIPS = Bagage écologique

5.1.4.2. Evaluation des impacts d'un ordinateur portable reconditionné de référence utilisé pendant 1 an

L'ensemble des impacts sera présenté après, relativement à l'unité fonctionnelle suivante :

'Posséder et utiliser un ordinateur portable pendant un an pour un usage personnel'

Pour ramener les impacts environnementaux à la durée d'usage, il convient de multiplier les impacts par la durée d'usage de référence à savoir 3 ans pour le reconditionné et 5 ans pour le neuf.

5.1.4.2.1. Résultats totaux à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage)

Pour chaque année d'usage, les impacts sur le cycle de vie d'un ordinateur portable reconditionné de référence sont les suivants :

Impact	Valeur (usage personnel)	Unité
DUREE DE REFERENCE	3	ANS
Dérèglement climatique (GWP)	8,09	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	15	Kg/UF
Production de DEEE	8	g/UF
Épuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	9,57E-05	kgeqSb/UF
Épuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	472,0	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	2,16	m3eq/UF
Acidification (AP)	4,06E-02	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	6,92E-07	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	53,96	kgU235eq/UF

Tableau 38– Ordinateur portable de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an

5.1.4.2.2. Résultats décomposés selon les impacts sur le cycle de vie

Les impacts environnementaux sont répartis comme présenté dans la figure suivante :

Ordinateur portable reconditionné de référence – Répartition des impacts sur le cycle de vie

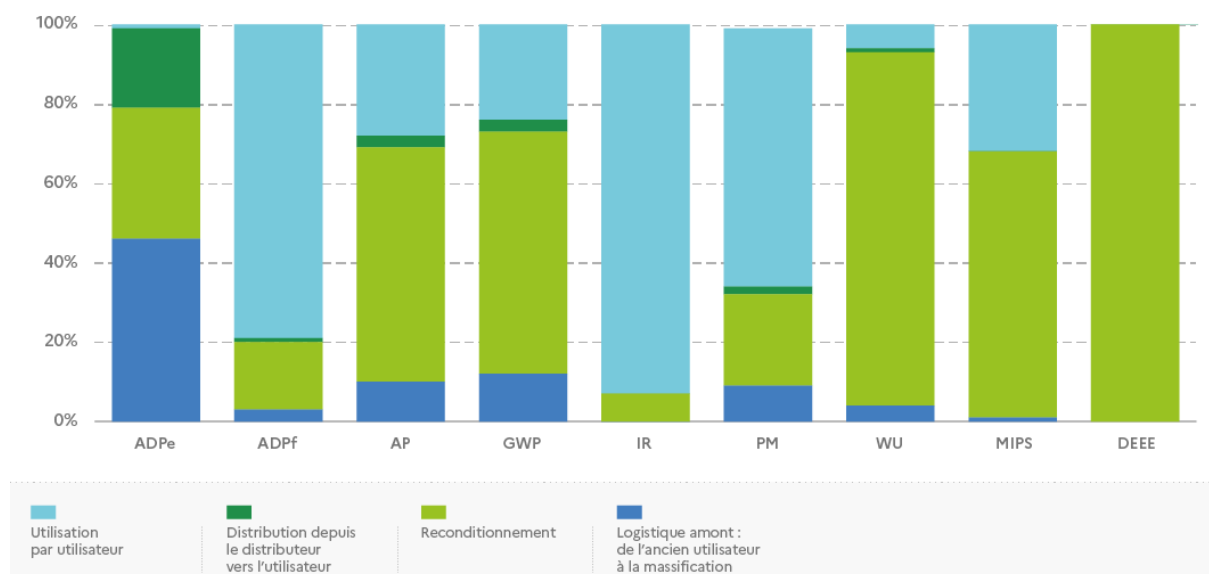


Figure 32 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie

Constats :

Malgré une part plus conséquente de la phase d'usage, le reconditionnement des équipements représente la majorité des impacts pour 5 indicateurs et un impact significatif pour 3 autres indicateurs.

Analyses :

Se focaliser sur la partie qui incombe aux reconditionneurs et distributeurs est pertinent puisque l'impact de cette phase est déterminé par le lieu de reconditionnement, le lieu d'approvisionnement et la typologie de reconditionnement.

Les impacts amont, aval et utilisation sont indépendants des impacts du reconditionnement, mais présentent un impact plus significatif relativement au cycle de vie complet comparativement à un scénario neuf.

5.1.4.2.3. Résultats décomposés selon étapes de reconditionnement

Afin de mieux appréhender la source des impacts environnementaux sur la partie reconditionnement, une analyse détaillée a été menée

Ordinateur portable reconditionné de référence – Répartitions des impacts par étape – Focus sur le processus de reconditionnement

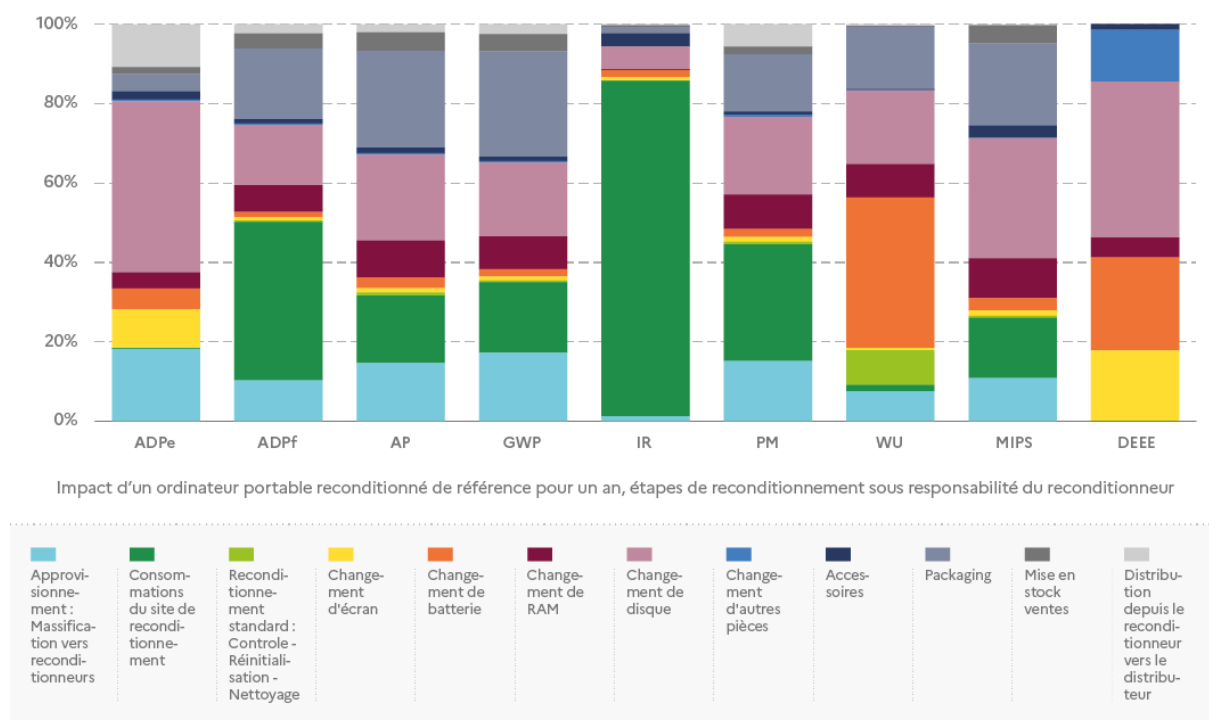


Figure 33 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement

Constats :

Les impacts sont répartis entre l'approvisionnement, la consommation des sites, le packaging et les changements des pièces (RAM et disques).

La consommation du site de reconditionnement est le principal contributeur sur l'indicateur IR.

Les changements de disques sont les principaux contributeurs pour l'ADP.

L'utilisation de pièces de seconde main permet de réduire la part d'impact issus du changement de pièces.

Analyses :

L'approche choisie permet de créer un modèle de référence cohérent, mais il est nécessaire d'observer les variations en fonction des entreprises et des différents scénarios afin de détecter un optimum environnemental.

Analyses :

Il convient d'être vigilant à la systématisation de l'ajout d'accessoires et au changement de pièces notamment avec des pièces neuves.

5.1.4.2.4. Intervalle de variation selon les types de reconditionnement

Une fois le modèle de référence établi, le profil moyen de changement de pièces a été supprimé pour faire place à des profils correspondant au changement d'un écran complet, d'une batterie ou d'autres pièces. La présente analyse présente les variations en fonction du type de changement effectué.

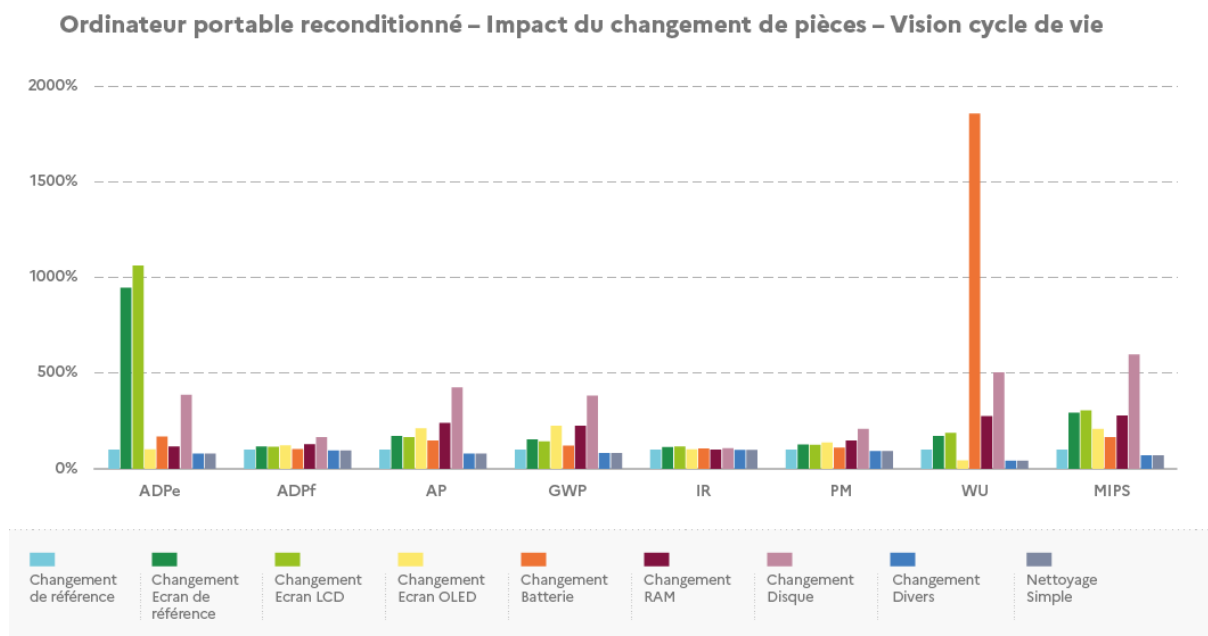


Figure 34 – Ordinateur portable reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie - (100% = impact de l'équipement reconditionné de référence)

Constats :

On observe des variations significatives d'impacts entre les différents scénarios (jusqu'à un facteur 10 à 17).

Les variations les plus importantes sont associées à :

- Un changement de disque dur (le disque considéré est un disque SSD, un tel disque est composé de composants semi-conducteurs dont la production nécessite une forte consommation d'énergie) ;
- Un changement d'écran, spécifiquement lié au LCD pour l'indicateur ADPe et à l'écran OLED pour l'indicateur GWP ;
- Un impact significatif du changement de batterie, spécifiquement sur l'eau (liée à l'extraction du lithium).

Analyses :

Le type de pièces changées a un impact significatif sur l'ensemble des indicateurs, notamment pour les écrans. Si le changement de pièces était beaucoup pratiqué le modèle de référence serait impacté fortement. Dans le cas d'usage de pièces de seconde main, les impacts du remplacement de pièces seraient réduits drastiquement.

Compte tenu de l'intégration de la phase d'usage, la différence entre scénario de référence et les autres scénarios est moins significative qu'imaginable, du fait de la présence d'accessoires neufs et de la consommation en phase d'usage.

5.1.4.2.5. Intervalle de variation des impacts en fonction du reconditionneurs

Le modèle de référence est un modèle fictif. Ce modèle est représentatif d'une moyenne pondérée des données de marché transmises. Au sein de l'échantillon permettant l'établissement du modèle de référence, on observe des profils de sociétés/de mode de reconditionnement très différents. En effet :

- Les taux de changement de pièces varient de 0% (0-1 pièce remplacée, de façon peu fréquente) à 229% (multiples pièces remplacées, de façon plus fréquente) selon reconditionneurs.
- Les taux d'utilisation de pièces de secondes mains est variable : de 0 à 100% de pièces de seconde main.
- Les distances moyennes estimées pour le parcours total d'un ordinateur fixe varient d'un facteur pouvant aller jusqu'à x16 entre 2 reconditionneurs. Cela est fonction de la localisation du reconditionneur et de ces fournisseurs.

Ainsi, l'intervalle de variation entre données unitaires par entreprise et modèle de référence a été évalué :

Ordinateur portable reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés – Impacts sur le dérèglement climatique

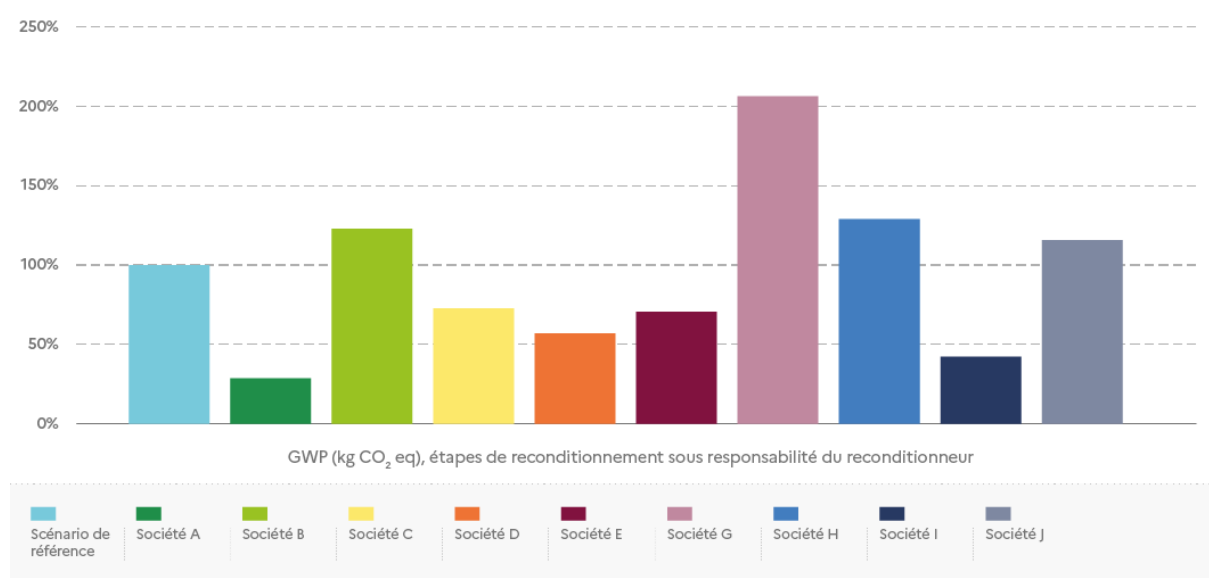


Figure 35 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur le dérèglement climatique

**Ordinateur portable reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés
– Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales**

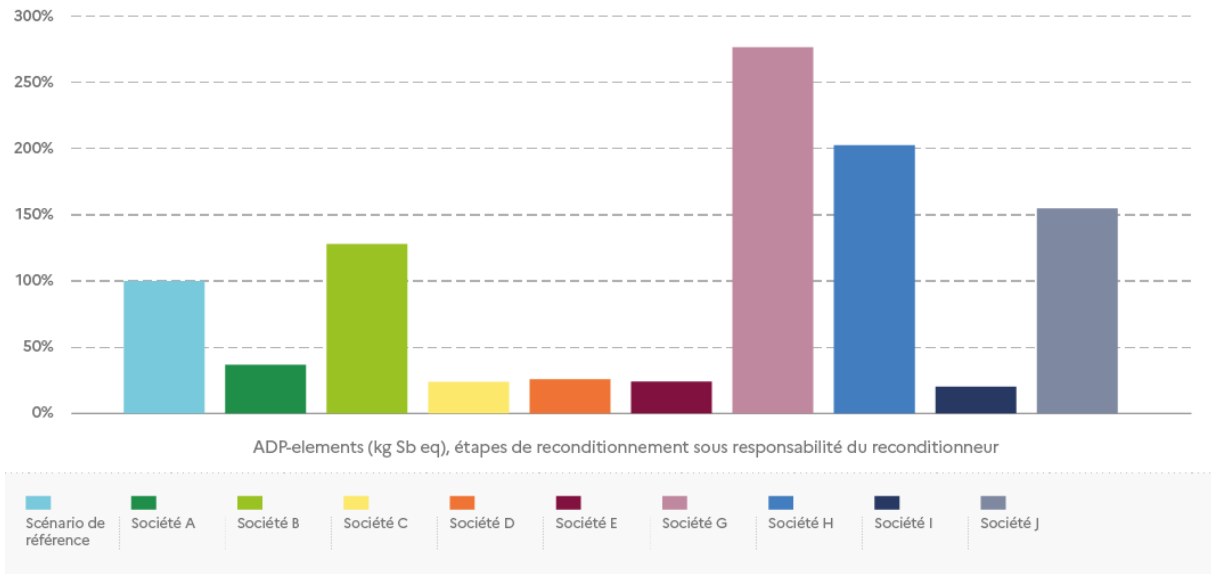


Figure 36 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales

**Ordinateur portable reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés
– Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles**

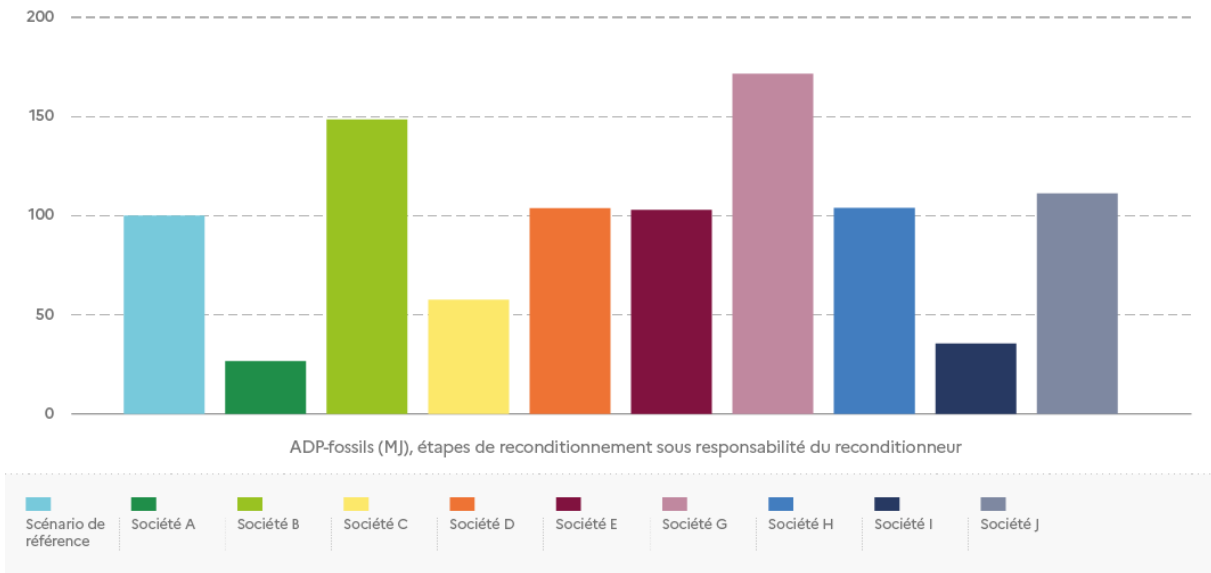


Figure 37 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles

Ordinateur portable reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés – Impacts sur les radiations ionisantes

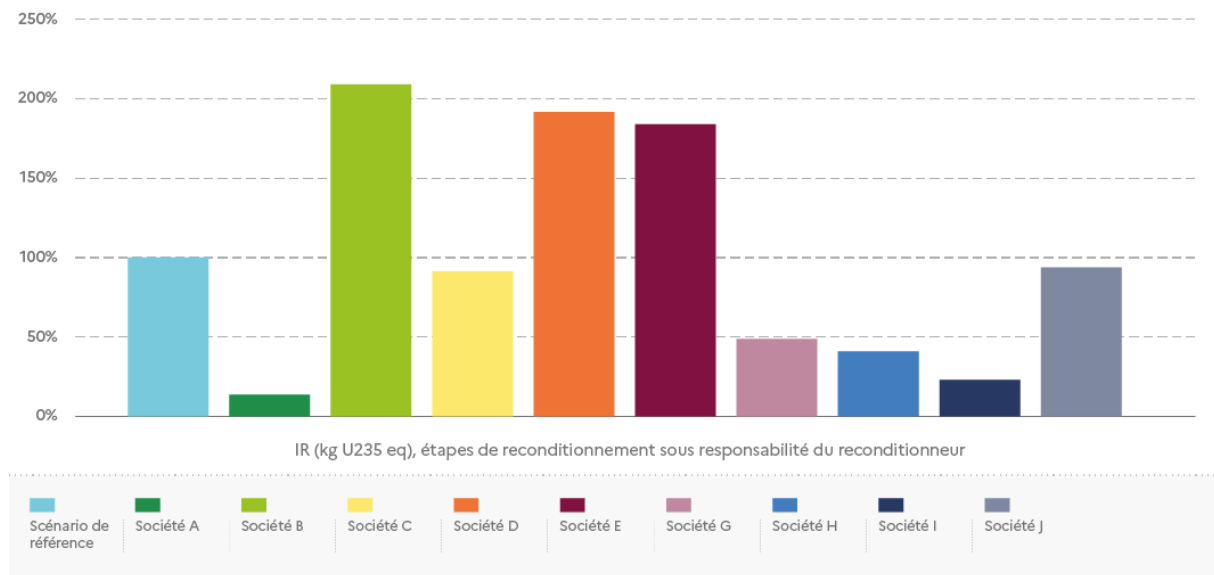


Figure 38 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur les radiations ionisantes

On observe des variations d’impacts très significatives en fonction des profils des entreprises (d’un facteur 6 à 14 entre le min et le maximum selon les indicateurs) :

- Les reconditionnements réalisés par la société A présentent en moyenne le moins d’impact : il s’agit d’un reconditionneur français avec un approvisionnement exclusif en France qui n’effectue pas de changement de pièces.

NOTE – Un changement de pièce si il permet la prolongation de la durée de seconde vie de l’équipement peut être considéré comme vertueux mais cela n’est pas visible dans ces graphiques.

- Les reconditionnements opérés par la société G présentent en moyenne le plus fort impact. Le reconditionnement est opéré en France, mais les produits sont approvisionnés à l’étranger, le taux de changement de pièces est important (plus de 2 pièces par équipements) et les pièces sont peu (23% des cas) issues de la seconde main.

Sur l’épuisement des ressources naturelles, les reconditionnements effectués par les sociétés changeant de nombreuses pièces ont un impact largement supérieur aux autres. Cependant, cet impact est limité lorsque le taux de pièces issues de la seconde main est important.

Sur les radiations ionisantes :

- La société A est la plus vertueuse. La société B est la plus impactante. L’impact est directement corrélé avec la consommation du site et l’utilisation du mix français. Cependant, concernant ce paramètre on peut se demander si la variation est liée à des différences effectives de consommation ou à une différence dans le périmètre de la donnée (malgré un travail de consolidation fort)

Constats :

L’échantillon des reconditionneurs ayant participé à cette étude est moins varié que pour les smartphones. En effet, il s’agit majoritairement de reconditionneurs français s’approvisionnant dans un territoire proche.

Cependant, on observe une variation très significative des impacts en fonction des reconditionneurs. Ceci s’explique par des modes de reconditionnement très différents : du nettoyage simple au changement de pièces, de l’utilisation massive ou non de pièces de rechange issues de la seconde main ainsi que par des scénarios logistiques différents.

Analyses :

Malgré une bonne participation à l'étude, la représentativité des reconditionneurs par rapport au marché français est faible. En effet, elle ne couvre que partiellement le cas des équipements reconditionnés à l'étranger pour les marketplaces. Cependant, on observe déjà de fortes variations. La proposition d'une analyse en fonction de scénario fictif est pertinente et devra compléter cette première analyse de l'échantillon.

Cependant, les profils des reconditionneurs varient en terme de modèles d'approvisionnement (plus ou moins sélectif) et de modes de reconditionnement variés (d'un modèle nettoyage simple sans réparation à un modèle très sécurisé avec systématisation du changement de pièces), ce qui se traduit directement dans les résultats d'analyses.

L'utilisation d'un modèle de référence est pertinente, mais il est nécessaire de conserver en tête la variation des impacts en fonction des scénarios extrêmes, et de les compléter par des scénarios fictifs. Les impacts du modèle de référence et des scénarios extrêmes sont présentés ci-dessous :

Impact	Valeur de référence	Valeur (min)	Valeur (max)	Unité
Durée de référence	3	3	3	ans
Dérèglement climatique (GWP)	8,09	4,62	13,60	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	15	6	31	Kg/UF
Production de DEEE	8			g/UF
Epuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	9,57E-05	7,07E-05	1,51E-04	kgeqSb/UF
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	472,0	412,0	528,8	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	2,16	0,73	6,28	m3eq/UF
Acidification (AP)	4,06E-02	2,22E-02	7,14E-02	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	6,92E-07	5,62E-07	8,30E-07	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	53,96	50,91	57,81	kgU235eq/UF

Tableau 39– Ordinateur portable - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an - Variations entre sociétés

5.1.4.2.6. Intervalle de variation selon lieux d'approvisionnements et de reconditionnement

Ordinateur portable reconditionné – Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement – Vision cycle de vie

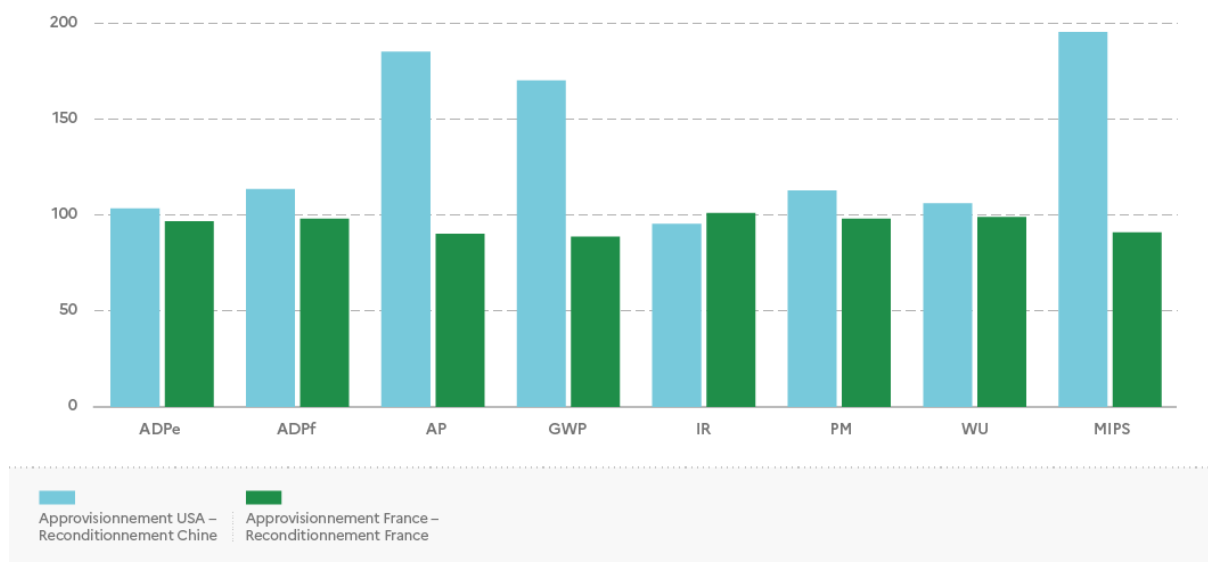


Figure 39 – Ordinateur portable reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie - (100% = impact de l'équipement reconditionné de référence)

Constats :

Le scénario de référence intègre peu de changement de pièces. Ainsi la part de l'approvisionnement est importante. La variation de ces 4 indicateurs est fortement liée à la combustion de carburants fossiles (à noter : le mode de transport privilégié est la livraison express par avion).

Analyses :

Les augmentations sont liées à l'impact du transport dans l'impact global du reconditionnement. Une analyse de sensibilité sur les modes de transports doit être réalisée pour consolider les écarts.

5.1.4.2.7. Intervalle de variation en fonction de la durée de vie

La durée de seconde vie est un paramètre clé de l'impact environnementale d'un ordinateur reconditionné. Dans le scénario de référence, nous avons fait le choix d'une durée de vie inférieure à la durée de première vie afin d'être dans un scénario réaliste en terme a la fois de comportement et de durée de vie total du produit.

Ordinateur portable reconditionné – Variations des impacts en fonction de la durée de vie de l'ordinateur portable reconditionné

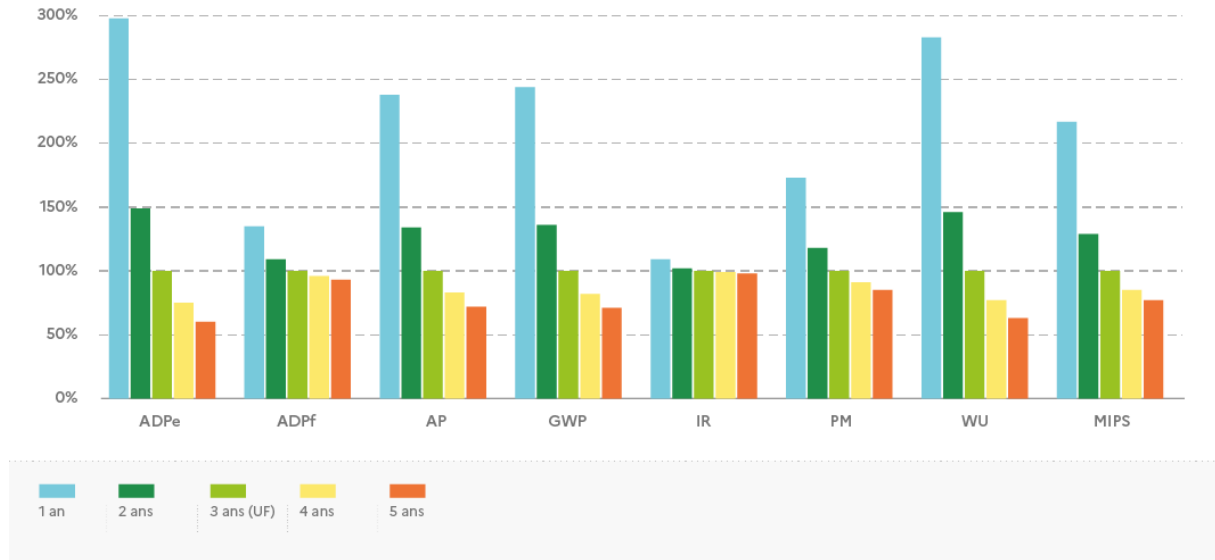


Figure 40 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction de la durée de vie de l'ordinateur portable reconditionné

Constats :

Pour les indicateurs variant fortement en fonction de la consommation d'énergie (ADPf, IR, PM, ...) la variation d'impact est faible. Pour les indicateurs de type ADPe, la variation d'impact est très significative.

Analyses :

La durée de seconde vie est un paramètre dimensionnant clé de l'impact du reconditionnement. Comme pour le neuf, plus la durée de vie est importante, plus l'impact est faible.

5.1.4.2.8. Analyses de sensibilité complémentaires

Focus sur les écrans – Type

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
LCD – substitution de la part écran dans le modèle de référence	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ordinateur portable de référence (15cm ² remplacé - 88% LCD 12% OLED)	9,57E-05	472,00	4,06E-02	8,09	53,96	6,92E-07	2,16	14,68
OLED – substitution de la part écran dans le modèle de référence	97%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%

Tableau 40– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement dans le modèle de référence

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
LCD – cas du changement d'écran par un LCD	112%	99%	97%	94%	101%	99%	110%	104%
Changement d'écran complet (100% remplacé – 88% LCD 12% OLED)	9,05E-04	547,88	6,97E-02	12,43	61,77	8,72E-07	3,78	43,04
OLED – cas du changement d'écran par un OLED	11%	105%	123%	147%	89%	108%	23%	71%

Tableau 41– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement complet d'écran

Constats :

On constate une variation limitée dans le cas du scénario de référence puisque la part d'écran remplacée est faible. En revanche, on constate des variations très significatives des impacts en cas de changement d'écran, notamment une variation forte sur l'indicateur ADP-elements et WU.

Analyses :

Le type d'écran a un impact significatif sur l'ensemble des indicateurs en cas de changement d'écran. Un écran OLED a un impact plus important sur l'indicateur GWP mais moindre sur l'indicateur ADP-elements à cause de sa complexité de fabrication et de la jeunesse de la technologie. Inversement, un écran LCD a un impact plus important sur l'indicateur ADP-elements (lié à l'indium présent dans la dalle) mais plus limité sur l'indicateur GWP.

Focus sur la RAM

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario de référence (RAM remplacé dans 5% des cas – capacité 16Go)	9,57E-05	469,43	3,96E-02	7,90	53,96	6,86E-07	2,07	14,25
8Go	101%	99%	98%	98%	100%	99%	109%	98%
32Go	101%	101%	105%	105%	100%	102%	122%	106%
64Go	101%	103%	115%	114%	100%	105%	140%	117%

Tableau 42– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario changement complet de RAM (16Go)	9,57E-05	472,00	4,06E-02	8,09	53,96	6,92E-07	2,16	14,68
8Go	101%	99%	98%	98%	100%	99%	109%	98%
32Go	101%	101%	105%	105%	100%	102%	122%	106%
64Go	101%	103%	115%	114%	100%	105%	140%	117%

Tableau 43– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM (changement complet de la RAM)

Constats :

En considérant une modification dans le scénario de référence (changement de RAM dans 5% des cas), on observe que le choix de la capacité de cette dernière a un impact visible et significatif (+1% à +22% pour les indicateurs présentant une variation). Aucune variation n'est observée pour l'indicateur ADPe.

Cette variation est accentuée dans le scénario incluant un changement complet de RAM. On observe alors une variation allant de -44% à +245% d'impact.

Analyses :

L'augmentation de la capacité de la RAM est corrélée avec une augmentation de la quantité de wafer de silicium et du nombre de masques, et donc à une augmentation significative des impacts associés à la fabrication des semi-conducteurs. Il est à noter que les types d'encapsulations et le nombre de barrettes n'est pas modifié, ce qui explique une stagnation de l'impact sur l'épuisement des ressources naturelles. Il convient donc d'ajuster la capacité de la RAM avec le besoin de l'utilisateur final garantissant ainsi une bonne performance du produit et un allongement réel de la durée de vie.

Focus sur les disques durs

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario de référence (disque remplacé dans 8% des cas – capacité 512 Go)	9,57E-05	472,0	4,06E-02	8,09	54,0	6,92E-07	2,16	14,68
256Go	100,5%	99%	94%	95%	100%	98%	104%	91%
1024Go	100,6%	102%	110%	109%	100%	103%	131%	108%
2048Go	100,6%	106%	131%	128%	100%	110%	167%	131%

Tableau 44– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrenc e)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario changement complet de disque (512Go)	3,70E-04	614,4	1,03E-01	19,0	55,8	1,03E-06	6,1	48,9
256Go	100,0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1024Go	100,2%	169%	275%	272%	100%	196%	341%	244%
2048Go	100,5%	262%	509%	502%	101%	324%	661%	437%

Tableau 45– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur (changement complet du disque dur)

Les technologies de production de disques durs SSD sont très similaires à celles de production des RAM. Ainsi, on observe des variations d'impacts importantes, comme pour l'analyse de sensibilité précédente.

Il convient, comme pour la RAM, d'ajuster avec soin la capacité de stockage de l'ordinateur en fonction des besoins de l'utilisateur final.

Focus sur le mode de transport amont

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Transport trans- continental 100% Avion	100%	101%	103%	104%	100%	100%	100%	105%
Référence	9,57E-05	472,00	4,06E-02	8,09	53,96	6,92E-07	2,16	14,68
Transport trans- continental 100% Bateau	99%	97%	89%	86%	100%	99%	99%	83%

Tableau 46– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de transport

Le choix du mode de transport a un impact faiblement significatif (-14% à +4%) rapporté aux impacts d'un ordinateur portable reconditionné sur 1 an. Cependant, il est à noter que dans le modèle de référence, peu d'équipements proviennent de l'étranger. Ainsi, l'impact d'un changement de mode d'approvisionnement pourrait être accentué dans le cas d'un approvisionnement à l'étranger.

Focus sur le mode de distribution par le particulier.

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Référence	9,56E-05	4,71E+02	4,06E-02	8,09E+00	5,40E+01	6,67E-07	2,29E+00	1,47E+01
Distribution Urbain > Boutique/Relais Colis	80,64%	99,39%	98,49%	97,50%	99,97%	98,83%	98,85%	100,00%
Distribution Périurbain > Boutique/Relais Colis	166,10%	102,51%	108,33%	110,16%	100,10%	106,20%	104,18%	100,00%
Distribution Rural > Boutique/Relais Colis	252,21%	105,86%	119,74%	123,69%	100,24%	114,69%	109,69%	100,00%
Distribution Rural > Livraison à domicile	80,57%	99,24%	97,27%	96,92%	99,97%	98,08%	98,79%	100,00%

Tableau 47- Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de distribution

Constats :

Le choix du mode de distribution vers le particulier a un impact très significatif (-3% à +23% pour l'indicateur GWP et -20% à +152% pour l'indicateur ADPe) au vu des impacts de l'ordinateur portable reconditionné sur 1 an.

Analyses :

Le choix du mode de distribution est clé pour limiter l'impact environnemental du reconditionnement. Il faut notamment éviter autant que possible les déplacements en voiture individuelle pour récupérer le colis (scenarii Périurbain>Boutique et Rural> Boutique).

À noter que la variation sur l'indicateur ADPe est plus importante que pour le smartphone, principalement car le modèle de référence de l'ordinateur portable contient en proportion moins de composants électroniques neufs.

5.1.4.3. Normalisation des résultats

5.1.4.3.1. Résultats normalisés – approche habitant du monde

La normalisation présente un résultat contrasté en fonction des indicateurs considérés. Les indicateurs prioritaires à considérer sont les suivants :

- Pour la phase de reconditionnement (phase prioritaire dans le cadre de cette étude) :
 - Epuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
 - Dérèglement climatique ;
 - Radiations ionisantes (principalement liées à la phase d'usage et à l'utilisation du mix énergétique français) ;
- Pour la phase d'usage :
 - Epuisement des ressources fossiles ;
 - Radiations ionisantes (principalement liées à la phase d'usage et à l'utilisation du mix énergétique français) ;

Ainsi, certaines analyses comparatives seront menées uniquement sur les indicateurs ADPe, ADPf, IR et GWP.

Ordinateur portable reconditionné de référence – Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie

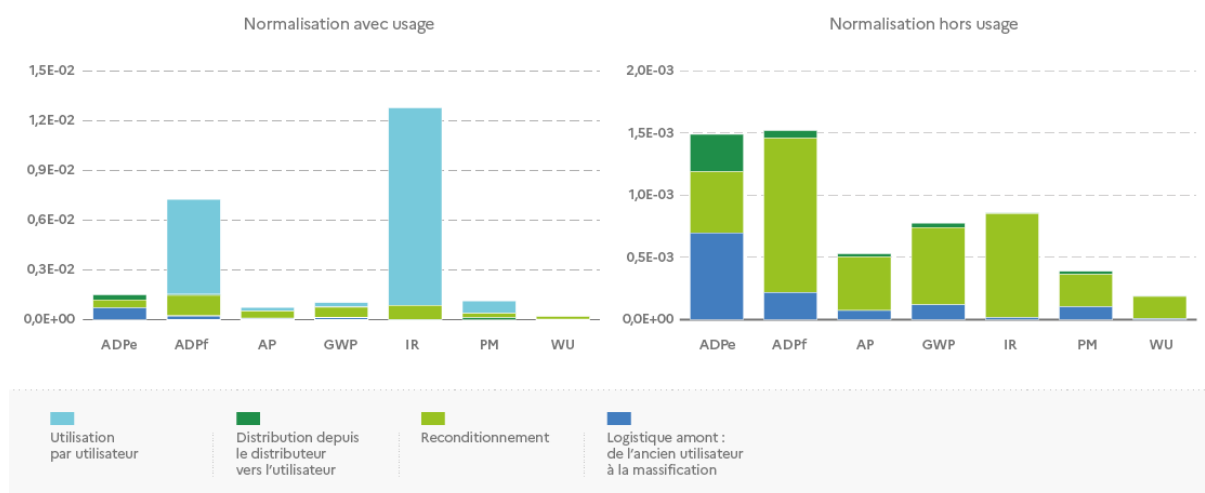


Figure 41 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie

5.1.4.3.2. Résultats ramenés aux limites planétaires

La normalisation aux limites planétaires permet d'intégrer la notion de budget soutenable dans la normalisation, c'est pourquoi nous avons décidé de l'intégrer dans les résultats présentés. Grâce à cette normalisation, on observe une inversion de tendance dans les indicateurs prioritaires, avec un focus à mettre sur :

- L'épuisement des ressources naturelles fossiles ;
- Le dérèglement climatique ;
- L'émission de particules fines.

Compte tenu du faible taux de changement de pièces, l'impact sur l'épuisement des ressources minérales est faible. Cependant, nous avons fait le choix de le réintégrer, car dès lors qu'un changement d'écran ou de disque est opéré, ce critère devient significatif.

Ainsi, pour une communication simplifiée des résultats, le choix a été fait de se focaliser sur :

- L'épuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
- Le dérèglement climatique.

Ordinateur portable reconditionné de référence – Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

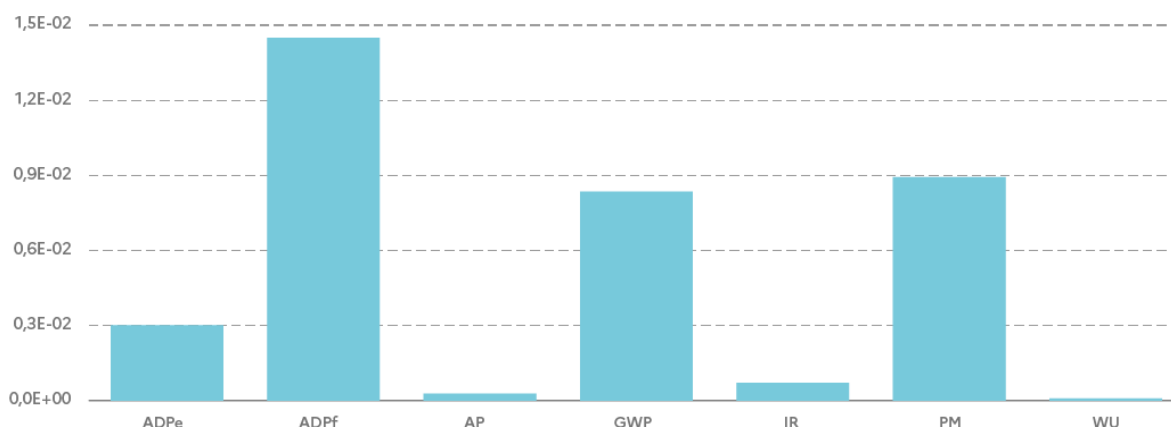


Figure 42– Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

5.1.4.4. Comparaison des impacts des ordinateurs portables neufs et reconditionnés

5.1.4.4.1. Comparaison des impacts des ordinateurs portables neufs et reconditionnés - Approche par substitution

5.1.4.4.2. Présentation des résultats pour les modèles de référence

	Ordinateur portable neuf	Ordinateur portable reconditionné	Unité
	usage inclus	usage inclus	
DUREE DE VIE			
Dérèglement climatique (GWP)	177,6	24,28	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	706,8	44,0	kg
Production de DEEE	1 610	25	G
Epuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	8,09E-03	2,87E-04	kgeqSb
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	4 110,6	1416	MJ
Consommation d'eau (WU)	192,4	6,5	m3eq
Acidification (AP)	1,01E+00	1,22E-01	kgeqH+
Particules fines (PM)	7,76E-06	2,07E-06	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	327,9	161,88	kgU235eq

Tableau 48– Ordinateur portable de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie) - Usage personnel

5.1.4.4.3. Présentation des résultats – Impacts évités

Pour le scénario de référence, l'acquisition d'un ordinateur portable reconditionné (utilisé pendant 3 ans) en lieu et place d'un ordinateur portable neuf permet d'éviter annuellement les impacts suivants :

	Valeur usage perso	Unité	%
Durée de référence du neuf	5	Ans	
Durée de référence du reconditionné	3	Ans	
Dérèglement climatique (GWP)	-27,3	kgeqCO2/an	-77%
Bagage écologique (MIPS)	-126,7	Kg/an	-90%
Production de DEEE	-314	g/an	-97%
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	-1,52E-03	kgeqSb/an	-94%
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	-351	MJ/an	-43%
Consommation d'eau (WU)	-36,3	m3eq/an	-94%
Acidification (AP)	-1,61E-01	kgeqH+/an	-80%
Particules fines (PM)	-8,75E-07	disease occurrence/an	-56%
Radiations ionisantes (RI)	-11,63	kgU235eq/an	-18%

Tableau 49– Comparaison ordinateur portable - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence – 100% étant l'impact du PC fixe de référence

Cet impact évité est variable selon le scénario choisi, il dépend notamment largement de la durée de vie du produit neuf et du produit reconditionné et du scénario de reconditionnement. Il s'agit donc d'une évaluation de référence. Les impacts évités sont calculés comme étant la soustraction entre impacts par UF pour l'ordinateur portable reconditionné et les impacts par UF pour l'ordinateur portable neuf :

$$\text{Impacts évités annualisés} = \frac{\text{Impact équipement reconditionné}}{\text{Durée d'usage de seconde vie}} - \frac{\text{Impacts équipement neuf}}{\text{Durée d'usage de première vie}}$$

A l'échelle d'un individu, la substitution d'un ordinateur portable neuf par un ordinateur portable reconditionné permet d'éviter:

- l'émission de 27,3 kgeqCO2 par an, soit 2,78% de son budget empreinte carbone soutenable annuelle ;
- 82 km en voiture ;
- l'extraction de 126,7 kg de matière ;
- la production de 314 g de déchet électronique

5.1.4.4.4. Variantes et intervalles de variation

Compte tenu de la variabilité des résultats en fonction du scénario de reconditionnement, la comparaison a été effectuée selon l'approche de substitution entre :

- Un produit neuf moyen d'une durée de vie de 5 ans ;
- Un produit reconditionné fictif de référence pour une durée d'usage de 3 ans ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces neuves ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces de seconde main ;

- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces neuves ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces de seconde main ;

* Produit collecté et reconditionné en France **Produit collecté aux Etats Unis et reconditionné en Chine

Comparaison Ordinateur portable – Approche par substitution – Résultats pour un an

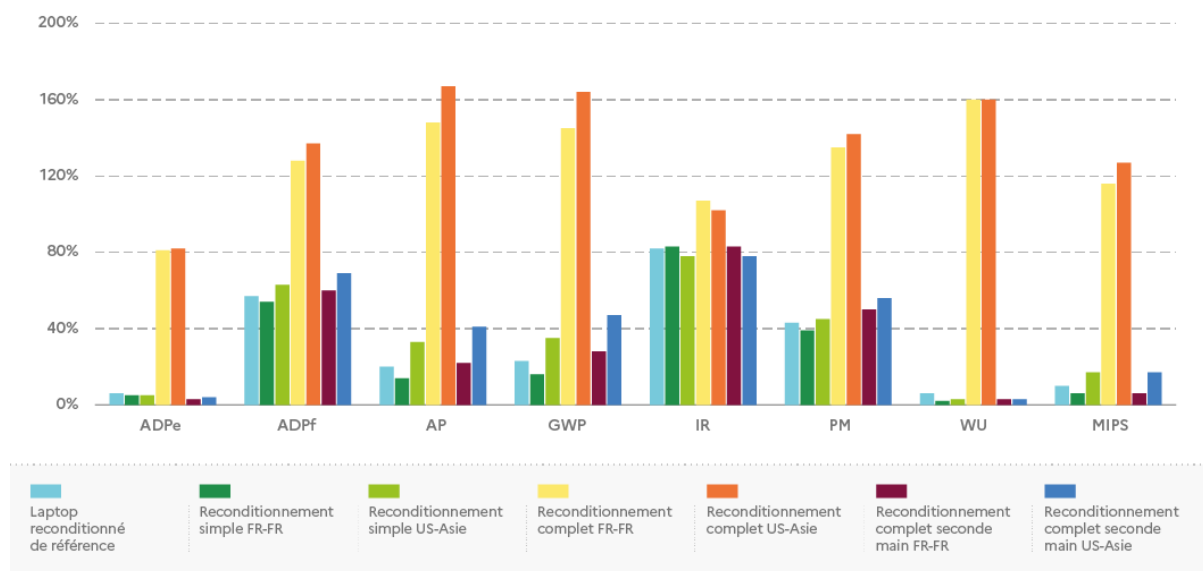


Figure 43 – Comparaison Ordinateur portable - Approche par substitution - Résultats pour 1 an (100% = impact de l'équipement neuf de référence)

À l'échelle de l'unité fonctionnelle (en considérant une durée de 1^{ère} vie de 5 ans et de seconde vie de 3 ans), on s'aperçoit que :

- Le reconditionnement est **vertueux** si :
 - Aucun changement n'est effectué, ou uniquement des changements mineurs.
 - Des changements de pièces majeurs sont effectués en réutilisant des pièces de seconde main.
- Le reconditionnement peut s'avérer désavantageux si :
 - On effectue de nombreux changements de pièces : écran, RAM et disque en utilisant des pièces neuves. En effet, l'écran, la RAM et le disque constituant la majorité des impacts de l'équipement (20% à 57 % de l'impact du neuf), si l'augmentation de durée de vie est inférieure à 5ans (durée de première vie) alors le reconditionnement a un impact supérieur à la production d'un équipement neuf utilisé pendant 5 ans. De plus, un changement de pièce sert souvent à l'augmentation de la capacité des composants.

En complément, un changement de localisation et de scénario logistique a un impact relativement faible à l'échelle du cycle de vie complet de l'équipement, la phase d'usage et la production des pièces ayant un impact prépondérant.

5.1.4.4.5. Comparaison des impacts des ordinateur portables neufs et reconditionnés – Approche par amortissement

Dans l'approche par amortissement, nous considérons que si le reconditionnement intervient avant la fin de la durée de première vie théorique, alors un reste à charge de l'impact environnemental de la première vie est à attribuer à la seconde vie.

Les résultats suivants présentent donc les résultats de cette approche. Pour un souci de lisibilité, l'analyse a été menée sur les 3 indicateurs prioritaires à savoir : dérèglement climatique (GWP), épuisement des

ressources naturelles minérales et métalliques (ADPe), et épuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf).

Comparaison ordinateur portable – Approche par amortissement – Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie

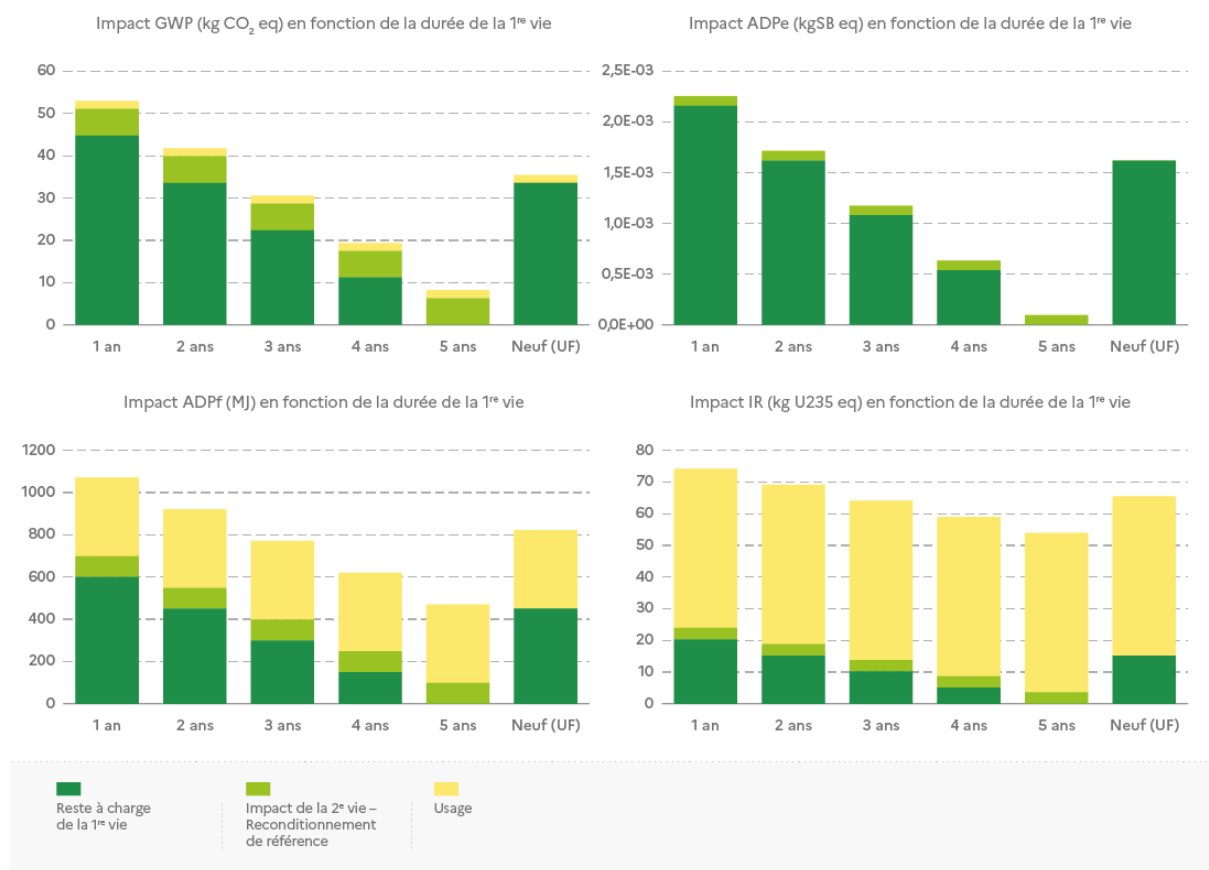


Figure 44 – Comparaison ordinateur portable - Approche par amortissement - Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie.

Les premières figures présentent la variation d’impact en fonction de la durée de la première vie. On constate que plus le reconditionnement apparaît tard, plus l’impact environnemental du mobile reconditionné est favorable. Si le reconditionnement intervient avant la troisième année alors le reconditionnement n’est pas favorable. Cela renforce la conclusion générale qu’il vaut mieux faire durer son matériel que le remplacer.

Une seconde analyse a été menée. Celle-ci permet de combiner les notions de durée de première vie et de type de reconditionnement. Le scénario de reconditionnement minimum correspondant à un nettoyage simple sur le territoire national quand le reconditionnement maximum correspond à un changement de toutes les pièces. On s’aperçoit encore plus nettement que si le reconditionnement fait intervenir un grand nombre de changements de pièces, il est moins favorable à moins que la durée de seconde vie soit au moins égale à la durée de première vie.

Comparaison Ordinateur portable – Approche par amortissement – Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement

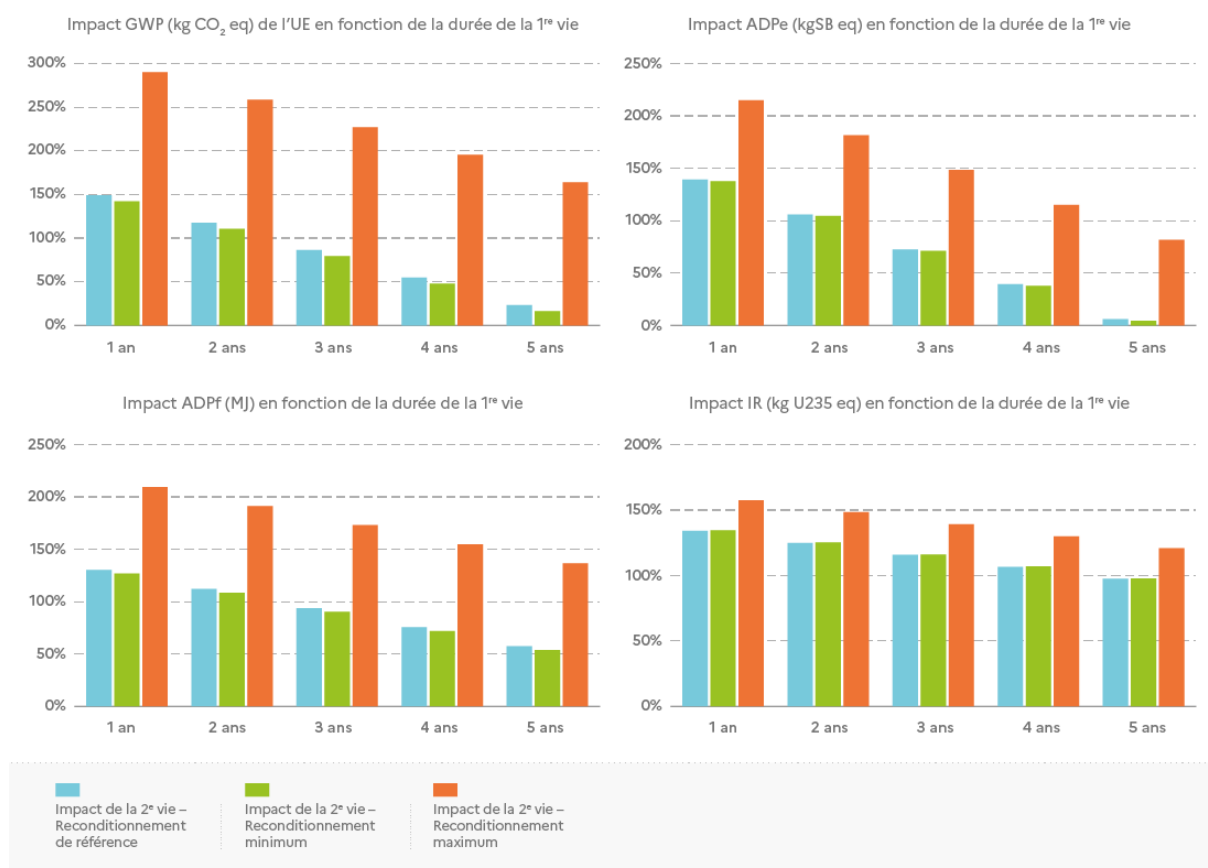


Figure 45 – Comparaison Ordinateur portable - Approche par amortissement - Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement.

Analyses :

Si on considère une durée de première vie de 3 ans et si le reconditionnement intervient avant 3 ans, il génère un impact supplémentaire. Afin d’être bénéfique ce dernier doit donc permettre une augmentation de la durée de vie après reconditionnement de plus de 4 ans.

NOTE – Le scénario de référence contient peut de changement de pièces et/ou des changements de pièces de seconde main. Ainsi, le scénario de référence est proche du scénario min.

Dans le cas d’un changement toutes pièces, le reconditionnement doit intervenir après 4 ans et permettre une augmentation de durée de vie supérieure à 5 ans. En effet, plus de 60% de l’impact d’un ordinateur est porté par écran, batterie, RAM et disque. Si toutes ces pièces sont changées alors on obtient un impact proche de celui du neuf et il faudra amortir ce changement sur une longue durée de vie.

5.1.4.4.6. Comparaison – Analyse de scénarios comportementaux

Les résultats présentés ci-dessous permettent d'illustrer l'intérêt de l'acquisition d'un équipement reconditionné en fonction du comportement du premier utilisateur et des suivants avec une approche marché.

COMMENT LIRE LES GRAPHIQUES :

Ce graphique permet d'identifier simplement les scénarios d'achats d'ordinateurs portables reconditionnés plus ou moins vertueux que l'achat neuf (d'un point de vue dérèglement climatique) selon une approche marché. Il s'agit de reporter une partie des impacts de la production de l'équipement du neuf sur le produit reconditionné. Cette approche marché est liée à la durée d'usage théorique : 5 ans pour un ordinateur portable neuf et 3 ans pour un reconditionné. Nous avons modélisé 6 comportements d'achats sur une période de 10 années ont été modélisés :

- l'acheteur régulier d'ordinateur portable reconditionné mais récent : achat tous les 3 ans d'un ordinateur portable datant de 2 ans.
- l'acheteur raisonnable d'ordinateur portable reconditionné : achat tous les 4 ans d'un ordinateur portable datant de 3 ans.
- l'acheteur vertueux d'ordinateur portable reconditionné : achat tous les 5 ans d'un ordinateur portable datant de plus de 5 ans.
- l'acheteur raisonnable d'ordinateur portable neuf : achat tous les 5 ans.
- l'acheteur vertueux d'ordinateur portable neuf : achat tous les 8 ans.
- l'acheteur compulsif d'ordinateur portable neuf : achat tous les 3 ans.

Dans ce paragraphe, l'impact sur le dérèglement climatique varie selon le type d'achat (neuf ou reconditionné), la fréquence d'achat, la durée de 1e vie de l'équipement reconditionné, la durée de détention/utilisation de l'équipement.

Comparaison ordinateur portable de référence – Approche par amortissement – Résultats marché sur 10 ans pour le dérèglement climatique

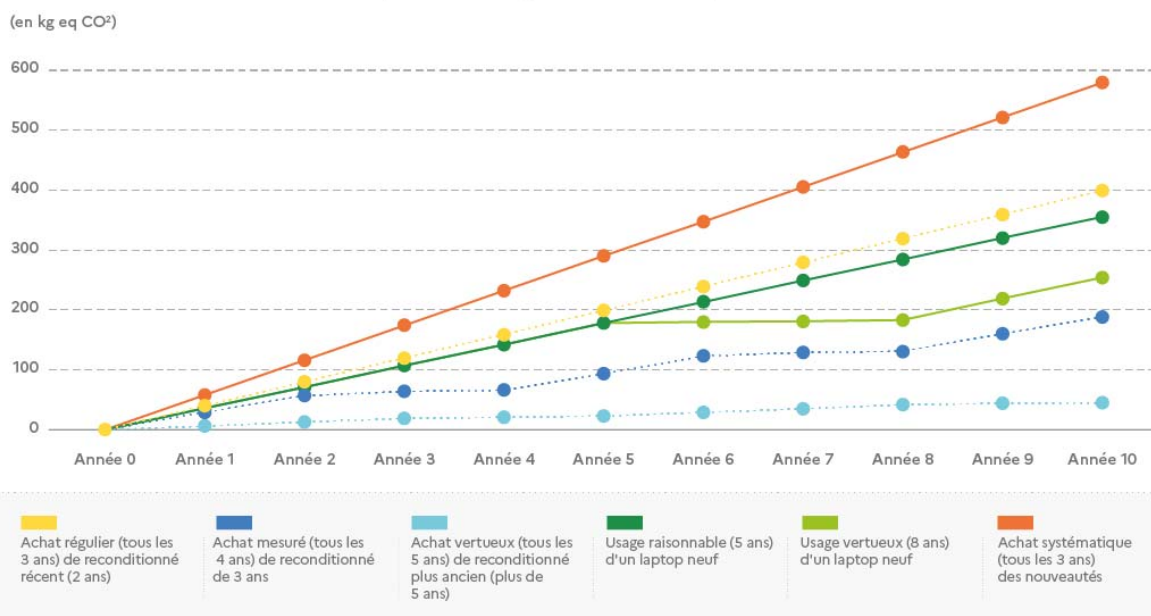


Figure 46 – Comparaison ordinateur portable de référence - Approche par amortissement - Résultats marché sur 10 ans pour le dérèglement climatique

Les équipements neufs et reconditionnés sont alternativement plus vertueux/plus impactants selon les scénarios.

Le cas minimisant les impacts GWP de façon systématique est l'achat mesuré : achat tous les 5 ans (ou plus) d'un équipement reconditionné ayant eu une 1e vie de 5 ans (ou plus).

NOTE – l'ensemble des résultats chiffrés pour les ordinateurs portables est présenté dans l'annexe 9.

5.2. Ordinateur fixe

5.2.1. Généralités

Définition : un ordinateur est fixe si l'unité principale est destinée à être dans un emplacement permanent et n'est pas conçu pour la portabilité. Il n'est opérationnel qu'avec des équipements externes tels que l'écran, le clavier et la souris. »³⁸ Le modèle considéré n'inclut pas l'écran, le clavier et la souris.

5.2.2. Définition des modèles de références

Les modèles de références ont été définis de manière à :

- Etre représentatifs de la réalité des marchés des acteurs du reconditionnement ayant participé à l'étude ;
- Etre compatibles avec l'ensemble des travaux coordonnés par l'ADEME en ce début d'année 2022 afin de permettre une vision harmonisée des pratiques du numérique responsable.

	Ordinateur fixe reconditionné	Ordinateur fixe neuf
Sources des données	Reconditionneurs (7 collectes)	Etude ADEME/ARCEP – Base de données NegaOctet
Reconditionneurs	Ateliers du bocage; ATF bis repetita, ATF GAIA, Atoutek, Ingram, LM Coproduction, Recyclea	
Types de données	Primaire	Secondaire
Modèle de référence	Produit moyen basé sur les collectes reconditionneurs	Produit moyen basé sur le marché Français
Caractéristiques du modèle de référence	<p>Lieu de reconditionnement : France (100%)</p> <p>Lieu d'approvisionnement : France (81.43%), Europe (18.57%)</p> <p>Caractéristiques moyennes : Masse : 6 Kg Stockage : 500Go (SSD : 34% HDD : 66%) RAM : 16Go (20g)</p> <p>Remplacement de pièce moyen : 0,18 unité de RAM 0,2 unité de disque dur</p>	<p>Lieu de production : Asie (100%)</p> <p>Lieu d'approvisionnement : Asie (100%)</p> <p>Caractéristiques moyennes : Masse : 5,43 Kg Stockage : 1 500 Go (27% SSD - 73% HDD) RAM : 10 Go Poids de l'alimentation : 1,81 kg</p>
Consommation en phase d'usage (perso)	100 kWh/an	100 kWh/an
Lieu d'utilisation	France	France
Durée de vie	3 ans	5 ans

Tableau 50– Présentation des caractéristiques des ordinateurs fixes de références

On notera dans ce tableau un décalage des caractéristiques techniques entre les modèles de référence reconditionnés et neufs, ce qui correspond à la réalité du marché : le renouvellement des équipements neufs se faisant en fonction des dernières innovations du secteur.

³⁸ Definition from the ICT report : European Commission, *ICT Impact study, Final report*, prepared by VHK and Viegand Maagøe for the European Commission, July 2020, p.128

Consommation électrique : 100 kWh/an par équipement. La consommation d'énergie des ordinateurs fixes est basée sur le rapport ICT 2020.³⁹

NOTE – Nous ne sommes pas en mesure de différencier les consommations des équipements neufs et reconditionnés. Nous avons donc opté pour une consommation moyenne. On notera cependant que malgré une amélioration de la consommation d'énergie des équipements, les équipements distribués sont de plus en plus performant ce qui réduit la différence de consommation d'énergie entre neuf et reconditionné.

Durée de vie typique :

- Pour un ordinateur fixe neuf : 5 ans ;
- Pour un ordinateur fixe reconditionné : 3 ans.

5.2.3. Hypothèses et données d'entrée

5.2.3.1. Cas du reconditionnement

5.2.3.1.1. Profil des reconditionneurs

La collecte des données a été réalisée auprès de 7 reconditionneurs nationaux. Les paramètres variants sont les suivants :

- Localisation des fournisseurs du reconditionneur ;
- Pratiques de reconditionnement :
 - Nombre de changement de pièces ;
 - Type de pièces changées ;
 - Utilisation de pièces reconditionnées.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différents profils.

NOTE – Nous n'avons obtenu aucune collecte provenant d'un reconditionneur international. Ainsi, des profils fictifs seront établis.

		Société A	Société B	Société C	Société E	Société F	Société I	Société J
LOCALISATION		FRANCE	FRANCE	FRANCE	FRANCE	FRANCE	FRANCE	FRANCE
Nombre d'unités reconditionnées en 2020 (en millier d'unités)		50,2	6,9	1,7	2	27,5	66,2	4,9
Typologie de reconditionnement - Proportion changement de pièce	45.16%	0%	10%	2%	0%	240%	0%	64%
Typologie de pièces - % de pièces issues du reconditionnement	58.86%	0%	95%	100%	0%	60%	100%	57%
Source principale des produits	France	81.43%	100%	20%	100%	100%	50%	100%
	Europe	18.57%	0%	80%	0%	0%	50%	0%

Tableau 51– Ordinateur fixe reconditionné de référence - Présentation des profils des reconditionneurs – Synthèse

5.2.3.1.2. Données de collecte par UF

	Réf	Min	Max	Unité
PARTIE INVARIANTE				
Approvisionnement - Utilisateur précédent vers massification				

³⁹ European Commission, *ICT Impact study, Final report*, prepared by VHK and Viegand Maagøe for the European Commission, July 2020, p.138; Viegand Maagøe (2018), Internal modelling files that supports the computer regulation.

		Réf	Min	Max	Unité
Transport depuis l'utilisateur vers son point de collecte - pro					
	Camionnette	1 589,64	600,91	4 019,14	kg.km
Transport depuis l'utilisateur vers son point de collecte - perso					
	Transport en commun	1,56	0,54	3,63	passager.km
	Voiture	6,65	2,31	15,45	passager.km
	Camionnette	38,14	13,23	88,71	kg.km
Transport du point de collecte vers massification					
	Camion	5 278,88	2 009,06	13 444,98	kg.km
Approvisionnement - Massification vers reconditionneurs					
Transport estimé					
	Camion	15 856,57	6 012,08	40 287,08	kg.km
Emballage					
	Carton	0,50	0	0,96	kg
	Plastique	0,03	0,02	0,09	kg
	Palette	0,23	0,03	0,3	kg
Consommation énergie					
	Electricité	0,88	0	13,11	kWh
	Eau	0	0	0,02	m3
	Gaz	3,57	0	31,7	MJ
Nettoyage (si pas renseigné valeurs max pour alcool et coton)					
	Alcool ménager - Détergeant - Désinfectant, etc.	0,01	0	0,03	kg
Accessoires					
Alimentation					
	Production	0,21	0,01	1	unité
	Approvisionnement				
	Camion	89,83	7,23	600	kg.km
	Bateau	924,68	0	6 472,73	kg.km
	Avion	10,33	0	72,29	kg.km
Packaging					
Carton					
	Production	0,2	0,2	0,2	kg
	Approvisionnement				
	Camion	203	203	203	kg.km
	Avion	2 036	2 036	2 036	kg.km
Plastique					
	Production	0,27	0	0,43	kg
	Approvisionnement				
	Camion	272	1,21	430	kg.km
	Avion	3762	1 605	4 300	kg.km
Papier					
	Production	2,2E-04	1,54E-03	0	kg
	Approvisionnement				
	Camion	0,22	1,54	1,54	kg.km
Distribution vers points de vente					

		Réf	Min	Max	Unité
	Camion	9973,92	5 996,02	31 124,50	kg.km
Points de vente vers utilisateurs					
	Transport en commun	0,88	0,54	2,77	passager.km
	Voiture	3,73	2,29	11,79	passager.km
	Camionnette	21,43	13,15	67,59	kg.km
PARTIE VARIABLE					
Changement RAM					
	Production				
	RAM	0,05	0,03	0,16	unité
	2d main	0,15	0	0,84	unité
	Approvisionnement				
	Camion	97,75	0,07	684,21	kg.km
	Avion	60,26	0,74	421,05	kg.km
Changement disque dur					
	Production				
	SSD	0,05	0,01	0,19	unité
	HDD	0,02	0	0,08	unité
	2d main	0,15	0	0,84	unité
	Approvisionnement				
	Camion	27,42	0,61	172,73	kg.km
	Avion	43,67	6,12	185,74	kg.km
Changement divers électronique					
	Production				
	Composant	0,0128	0	0,09	unité
	2d main	0,0101	0	0,07	unité
	Approvisionnement				
	Camion	0,4343	0	3,04	kg.km
	Bateau	0,6597	0	4,62	kg.km

Tableau 52- Ordinateur fixe - Données de collecte associées au reconditionnement

5.2.3.2. Cas de l'ordinateur fixe neuf

5.2.3.2.1. Caractéristiques par défaut

Le modèle d'ordinateur fixe est un mix pondéré de cinq configurations, avec les caractéristiques suivantes :

	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Moyenne
Profil	PC Basic	PC Family	PC Gaming	PC Power Gaming	PC Power User	
Répartition	18%	16%	31%	14%	21%	100%
Poids de l'équipement (kg)	2,2	2,4	4,8	6,8	10,5	5,43
Poids de l'emballage (kg)	0,44	0,48	0,96	1,36	2,1	1,09

Type de processeur	Intel Celeron G3930	Intel Pentium G4560	AMD Ryzen 5 1500X	AMD Ryzen 5 1600	AMD Ryzen 7 1700X	
RAM (Go)	4	8	8	16	16	10
Stockage SSD (Go)	250	250	250	500	1000	443
Stockage HDD (Go)		1000	1000	2000	2000	1172
Surface carte mère (cm ²)	289	359,1	590,49	686,25	686,25	533,24
Type de carte graphique	Intégrée	MSI GeForce GTX 1050 2GT LP	Sapphire Radeon RX 570 Nitro+ 4Go	GeForceRTX2080	GeForceRTX3080	
Alimentation externe (kg)	0,34	1,2	3,27	1,7	1,66	1,85

Tableau 53- Ordinateur fixe - Description du modèle de référence

5.2.4. Résultats

5.2.4.1. Avant-propos

Comme présenté ci-avant, un modèle de référence a été établi. À partir de ce modèle, différents paramètres de variations ont été identifiés et seront étudiés dans le présent rapport. Ces paramètres correspondent à :

- Les consommations du processus de reconditionnement ;
- La provenance des produits à reconditionner ;
- Le type de reconditionnement allant du nettoyage simple au remplacement de l'ensemble des pièces d'usures.

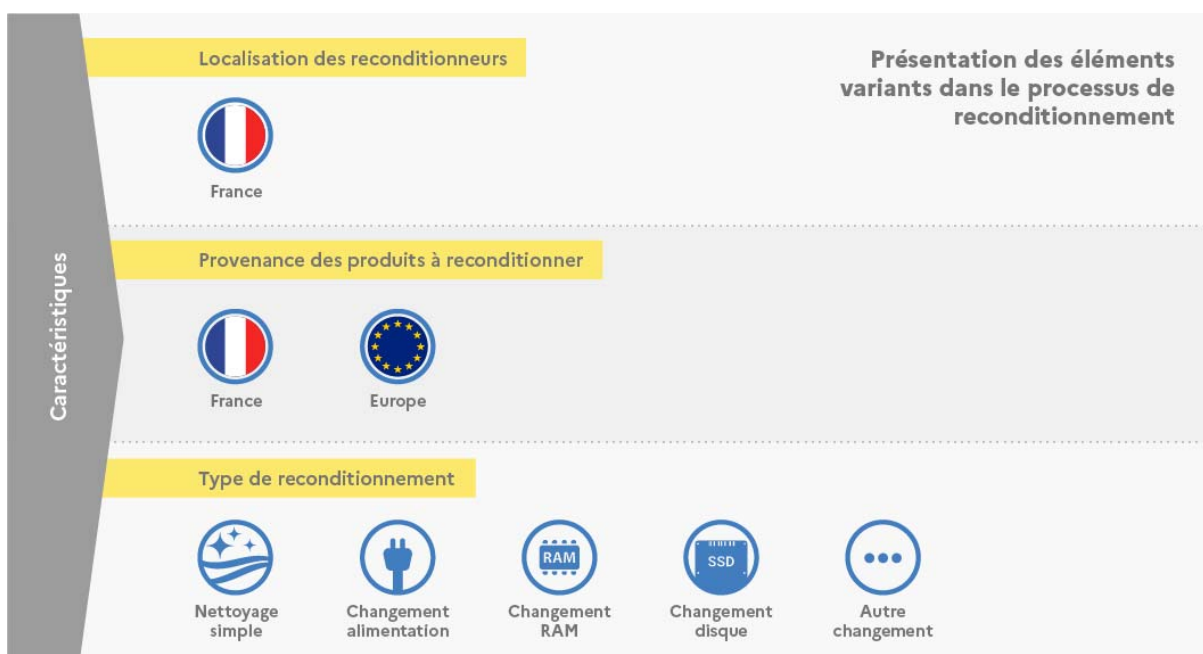


Figure 47 – Présentation des éléments variants dans les processus de reconditionnement

Par la suite, les analyses seront faites à deux niveaux :

- Le niveau du cycle de vie complet décomposé dans le graphique ci-dessous selon les métiers et selon les sources d'impacts ;

- Le niveau du reconditionnement uniquement (périmètre formalisé en rouge dans le graphique ci-dessous).

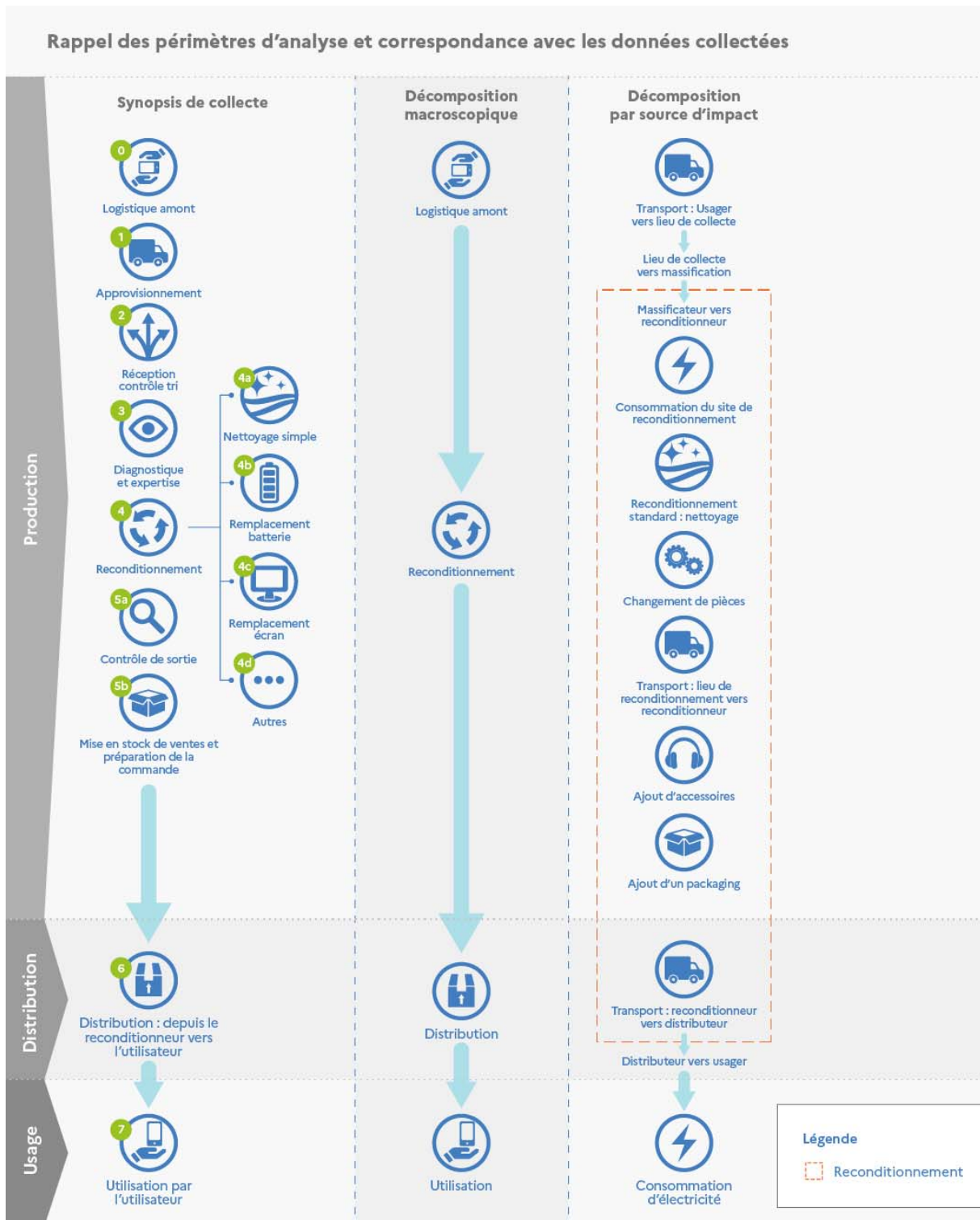


Figure 48- Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées

Les résultats quant à eux seront présentés avec comme échelle de référence : la durée de vie de l'équipement ou l'unité fonctionnelle

Rappel – Abbréviation indicateurs

ADP - Elements = Épuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et minéraux

ADP - fossils = Épuisement des ressources naturelles abiotiques - énergie fossile

AP = Acidification

GWP = Changement climatique

IR = Radiations ionisantes

PM = Particules fines

WU = Consommation d'eau

MIPS = Bagage écologique

5.2.4.2. Evaluation des impacts d'un ordinateur fixe reconditionné de référence utilisé pendant 1 an

L'ensemble des impacts sera présenté après, relativement à l'unité fonctionnelle suivante :

'Posséder et utiliser un ordinateur fixe pendant un an pour un usage personnel'

Pour ramener les impacts environnementaux à la durée d'usage, il convient de multiplier les impacts par la durée d'usage de référence à savoir 3 ans pour l'équipement reconditionné, et 5 ans pour l'équipement neuf.

5.2.4.3. Impacts d'un ordinateur fixe reconditionné de référence utilisé pendant 1 an

5.2.4.3.1. Résultats totaux à l'échelle de l'unité fonctionnelle (1 an d'usage)

Pour chaque année d'usage, les impacts sur le cycle de vie d'un ordinateur fixe reconditionné de référence sont les suivants :

	Valeur	unité
Durée de référence	3	ans
Dérèglement climatique (GWP)	15,42	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	27	Kg/UF
Production de DEEE	6	g/UF
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	1,88E-04	kgeqSb/UF
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	1426,9	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	2,11	m3eq/UF
Acidification (AP)	7,82E-02	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	1,95E-06	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	178,12	kgU235eq/UF

Tableau 54– Ordinateur fixe de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an

5.2.4.3.2. Résultats décomposés selon les impacts sur le cycle de vie

Les impacts environnementaux sont répartis comme présenté dans la figure suivante :

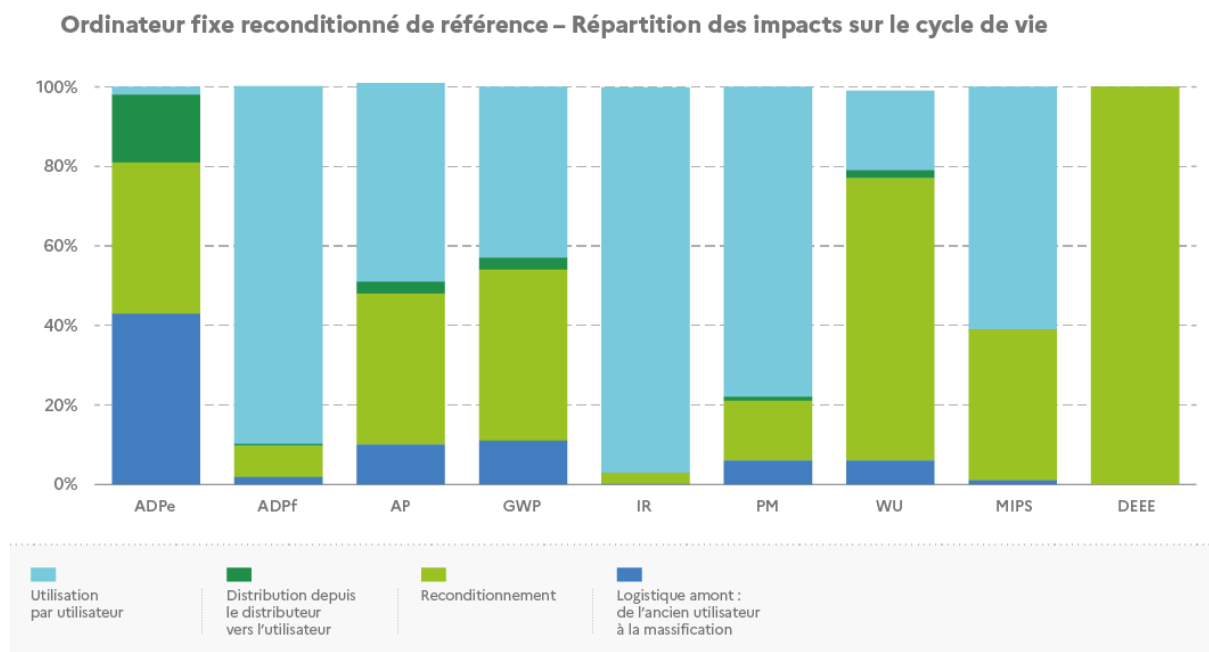


Figure 49 – Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie

Constats :

Le reconditionnement des équipements représente une part prépondérante des impacts pour 4 indicateurs (38 à 71%) hors phase d'usage (significative pour 6 indicateurs de 20 à 90% des impacts).

La part des logistiques amont et aval représente 6 à 43% (pour les indicateurs pour lesquels elle a un impact significatif). L'impact de la logistique amont pour l'indicateur ADPe est lié à l'usage de l'avion ainsi qu'au faible taux de changement de pièces neuves du modèle de référence.

Analyses :

Se focaliser sur la partie qui incombe aux reconditionneurs et distributeurs est pertinent puisque l'impact de cette phase est conditionné par le type/nombre de changement de pièces, le scénario logistique et l'usage de pièces de seconde main.

Les impacts amont, aval et utilisation sont indépendants des impacts du reconditionnement, mais présentent un impact plus significatif relativement au cycle de vie complet comparativement à un scénario neuf.

5.2.4.3.3. Résultats décomposés selon les étapes de reconditionnement

Afin de mieux appréhender la source des impacts environnementaux sur la partie reconditionnement, une analyse détaillée a été menée.

Ordinateur fixe reconditionné de référence – Répartitions des impacts par étape – Focus sur le processus de reconditionnement

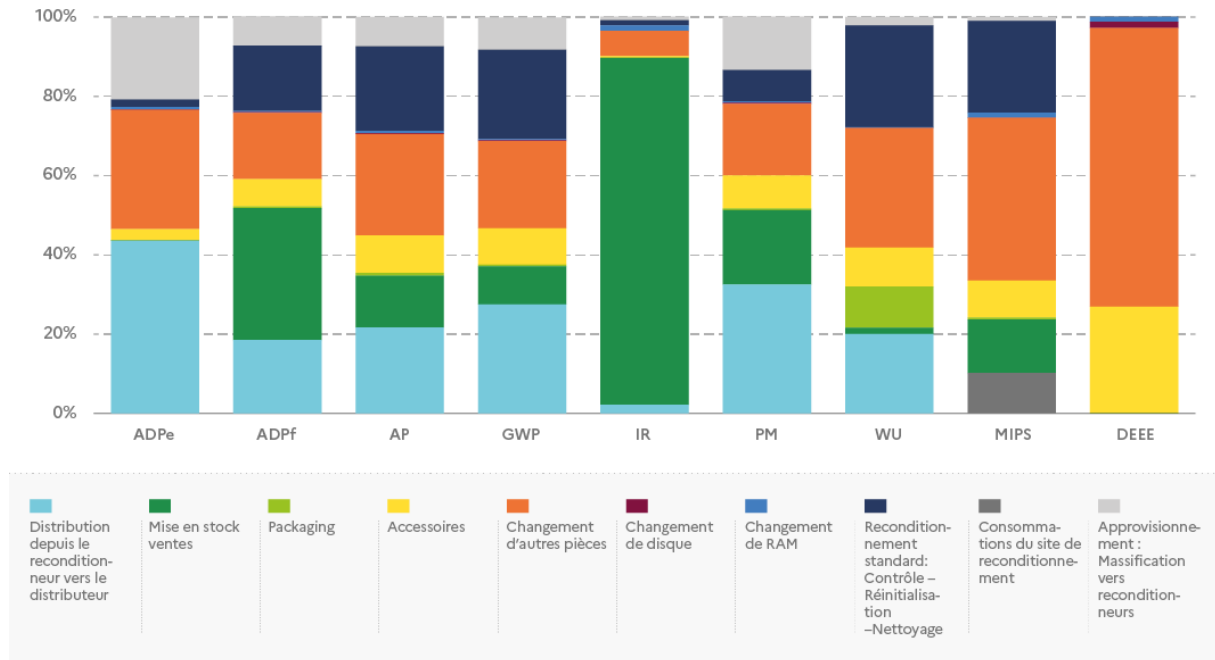


Figure 50 – Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement

Constats :

L'impact environnemental est réparti en fonction de quatre contributeurs majoritaires que sont :

- L'approvisionnement ;
- Les consommations des sites ;
- Le changement de disque ;
- Le packaging.

Analyses :

L'approche choisie permet de créer un modèle de référence cohérent, mais il est nécessaire d'observer les variations en fonction des entreprises et des différents scénarios afin de consolider l'analyse et d'extrapoler à une réalité terrain plus large.

5.2.4.3.4. Intervalle de variation selon les types de reconditionnements

Une fois le modèle de référence établi, le profil moyen de changement de pièces a été supprimé pour faire place à des profils correspondant à des changements complets de pièces. La présente analyse présente les variations en fonction du type de changement effectué.

Ordinateur fixe – Impact du changement de pièces – Vision cycle de vie

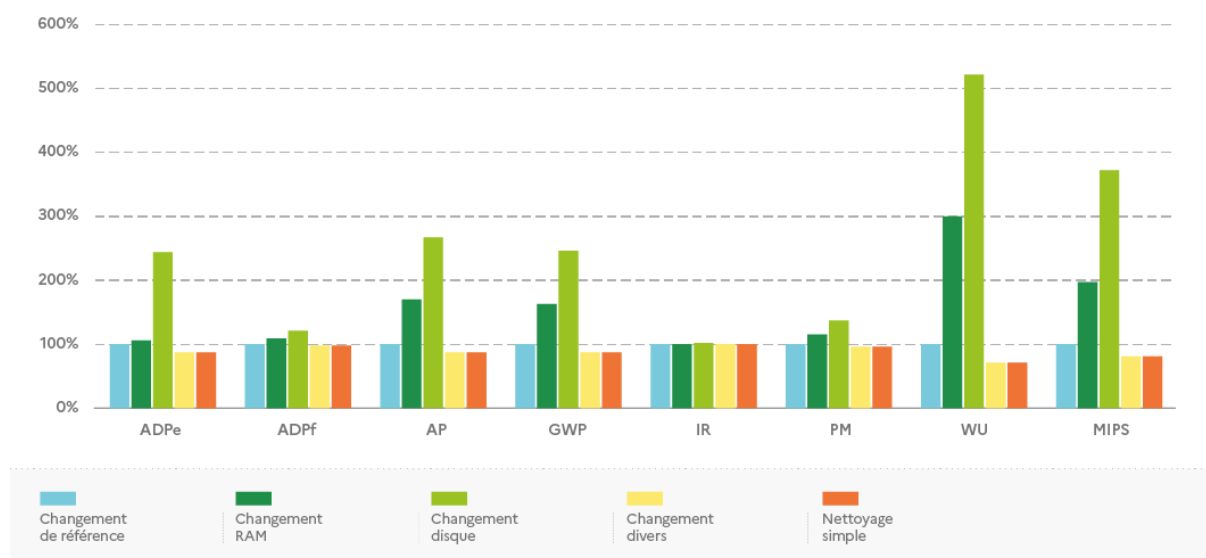


Figure 51 – Ordinateur fixe reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie (100% = impact de l'équipement reconditionné de référence)

Constats :

On observe des variations significatives d'impacts de -13% à +422%, les changements de disques et de RAM ayant les plus forts impacts.

Analyses :

Le type de pièces changées a un impact significatif sur l'ensemble des indicateurs, notamment pour les disques.

Compte tenu de l'intégration de la phase d'usage, la différence entre le scénario de référence et les autres scénarios est moins significative qu'imaginable, du fait de la consommation en phase d'usage.

Une fois la phase d'usage écartée, l'écart entre scénarios se creuse. Les scénarios avec changements de pièces présentent des impacts accentués.

5.2.4.3.5. Intervalle de variation des impacts en fonction des reconditionneurs

Le modèle de référence est un modèle fictif. Ce modèle est représentatif d'une moyenne pondérée des données de marché transmises. Au sein de l'échantillon permettant l'établissement du modèle de référence, on observe des profils de sociétés/de mode de reconditionnement très différents. En effet :

- Les taux de changement de pièces varient de 0% (0-1 pièce remplacée, de façon peu fréquente) à 240% (multiples pièces remplacées, de façon plus fréquente) selon reconditionneurs.
- Les taux d'utilisation de pièces de seconde main est variable : de 0 à 100% de pièces de seconde main.
- Les distances moyennes estimées pour le parcours total d'un téléphone varient d'un facteur pouvant aller jusqu'à x24 entre 2 reconditionneurs. Cela est fonction de la localisation du reconditionneur et de ces fournisseurs.

Ainsi, l'intervalle de variation entre données unitaires par entreprise et modèle de référence a été évalué :

Ordinateur fixe reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés – Impacts sur le dérèglement climatique

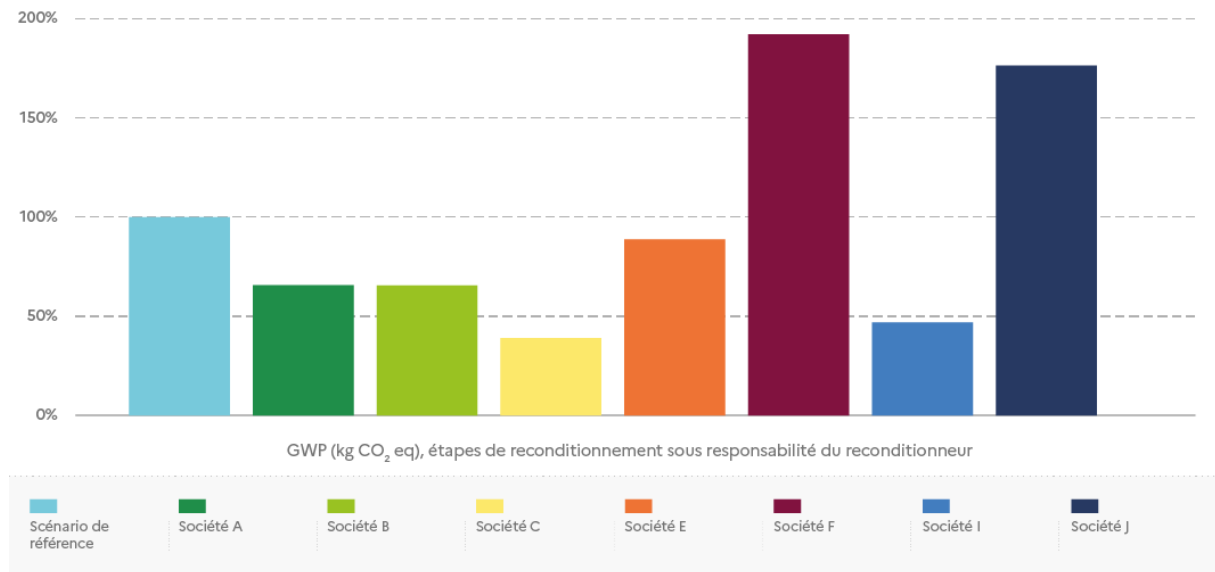


Figure 52 – Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur le dérèglement climatique

Ordinateur fixe reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés – Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales

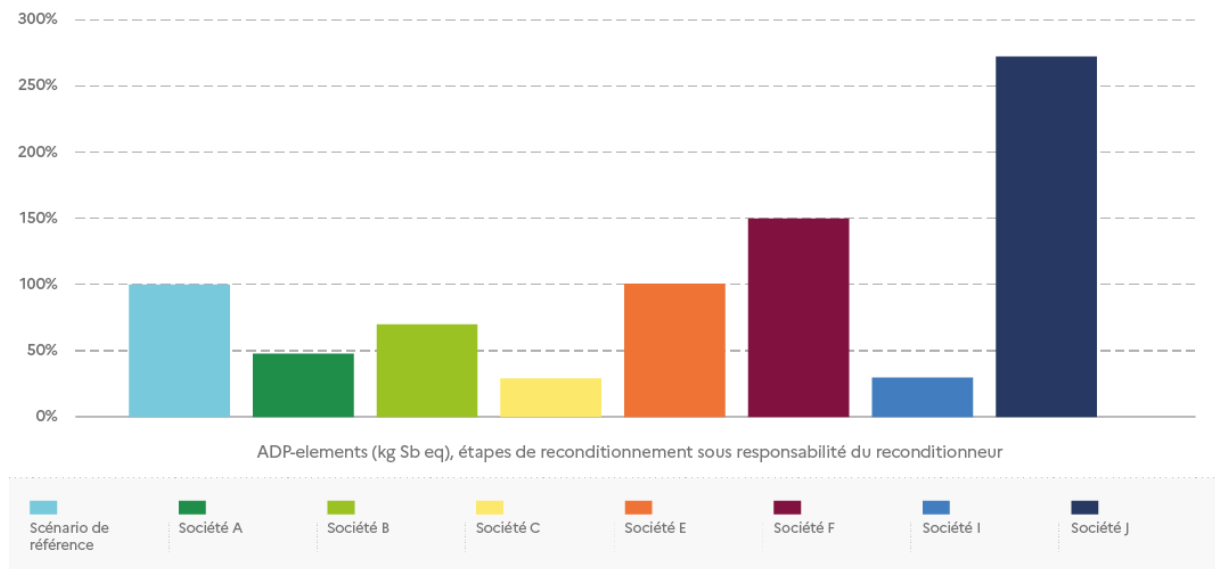


Figure 53– Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales

Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles

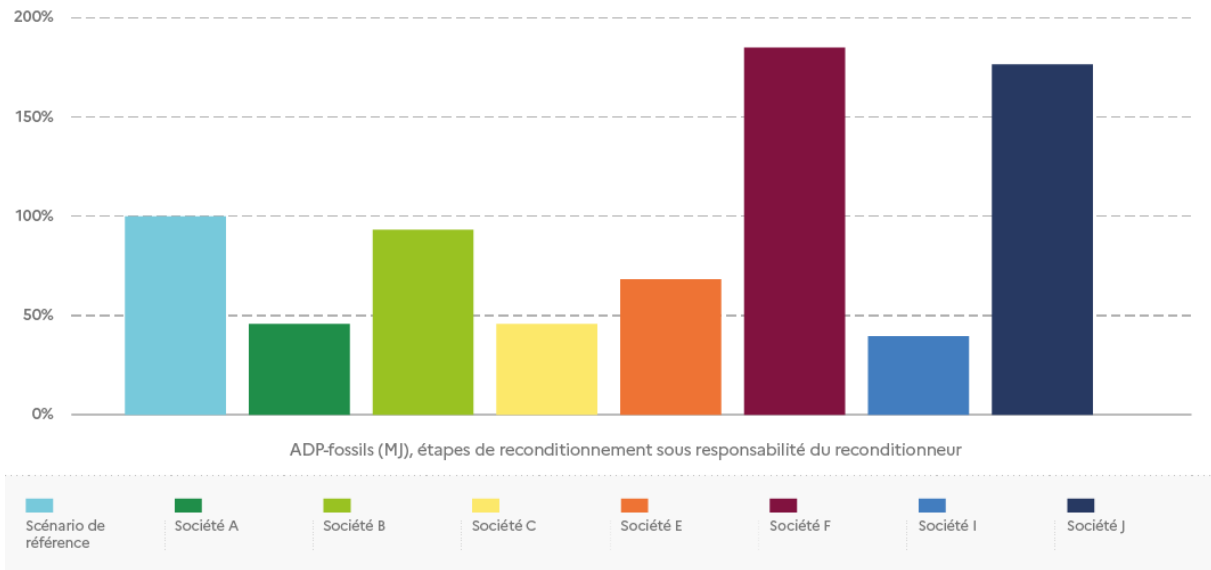


Figure 54 – Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles

Ordinateur fixe reconditionné – Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur les radiations ionisantes

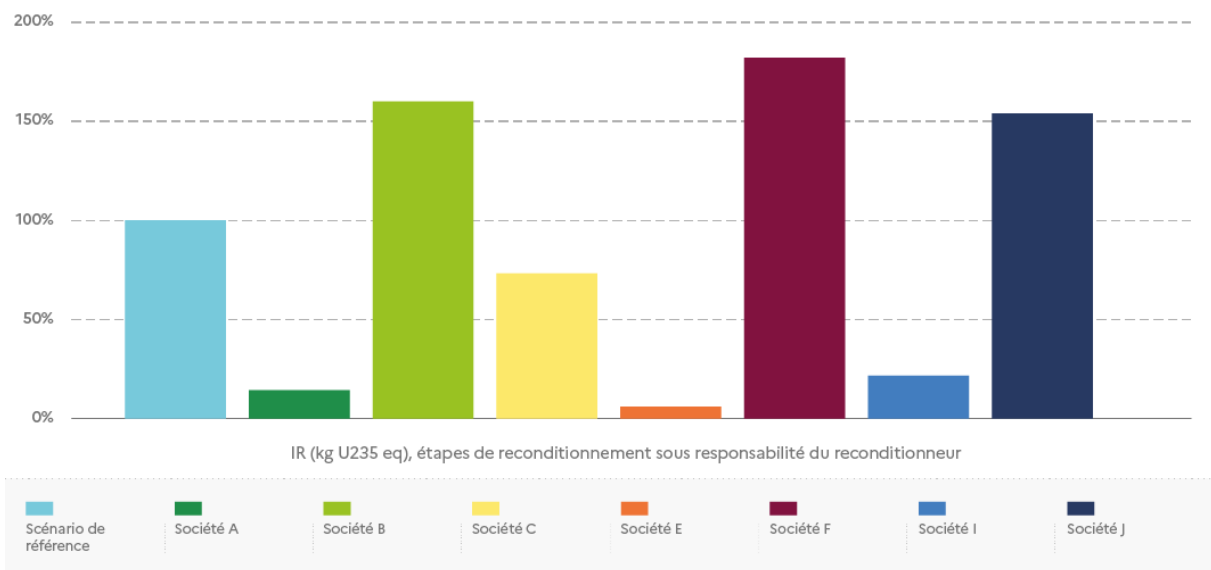


Figure 55 – Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur les radiations ionisantes

On observe des variations d'impacts très significatives en fonction des profils des entreprises (d'un facteur 5 à 9 entre le min et le maximum selon les indicateurs).

Sur le dérèglement climatique :

- La société C est la plus vertueuse, il s'agit d'un reconditionneur français avec un faible taux de changement de pièces, un remplacement 100% de seconde main et un approvisionnement en France exclusivement ;
- La société F est la plus impactante. Elle a un taux de changement de pièces supérieur à 2 par équipement, n'utilise que 60% de pièces de seconde main et s'approvisionne en Europe à 50%.

Sur l'épuisement des ressources naturelles :

- La société I est la plus vertueuse, car elle n'effectue aucun changement de pièces et s'approvisionne exclusivement en France ;
- La société J présente le plus fort impact avec des changements nombreux et une part de la seconde main moindre (57%).

Sur les radiations ionisantes :

- La société A est la plus vertueuse. La société F est la plus impactante. L'impact est directement corrélé avec la consommation du site et l'utilisation du mix français. Cependant, concernant ce paramètre on peut se demander si la variation est liée à des différences effectives de consommation ou à une différence dans le périmètre de la donnée (malgré un travail de consolidation fort)

Constats :

On observe une variation très significative des impacts en fonction des reconditionneurs. Ceci s'explique par des modes de reconditionnement différents et une part de pièces de seconde main variable.

Analyses :

Malgré un échantillon de reconditionneurs plus restreint et des localisations similaires (France), les diversités de pratiques entraînent de fortes variations dans les résultats d'impacts. La prise en compte d'un modèle de référence est pertinente mais doit être encadrée. Ainsi, des scénarios de reconditionnement fictifs ont été établis : depuis le nettoyage simple en circuit court vers le changement de pièces complet en circuit mondialisé.

Impact	Valeur de référence	Valeur minimale	Valeur maximale	Unité
Durée de référence	3	3	3	ans
Dérèglement climatique (GWP)	15,42	11,45	21,46	kgeqCO2/UF
Bagage écologique (MIPS)	27	19	40	kg/UF
Production de DEEE	6			g/UF
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	1,88E-04	1,37E-04	3,12E-04	kgeqSb/UF
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	1426,9	1359,6	1523,4	MJ/UF
Consommation d'eau (WU)	2,11	0,90	3,98	m3eq/UF
Acidification (AP)	7,82E-02	5,86E-02	1,06E-01	kgeqH+/UF
Particules fines (PM)	1,95E-06	1,76E-06	2,21E-06	disease occurrence/UF
Radiations ionisantes (RI)	178,12	173,46	182,18	kgU235eq/UF

Tableau 58 – Ordinateur fixe - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an - Variations entre sociétés

5.2.4.3.6. Intervalle de variations selon lieux d'approvisionnement et de reconditionnement

Ordinateur fixe reconditionné – Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement – Vision cycle de vie

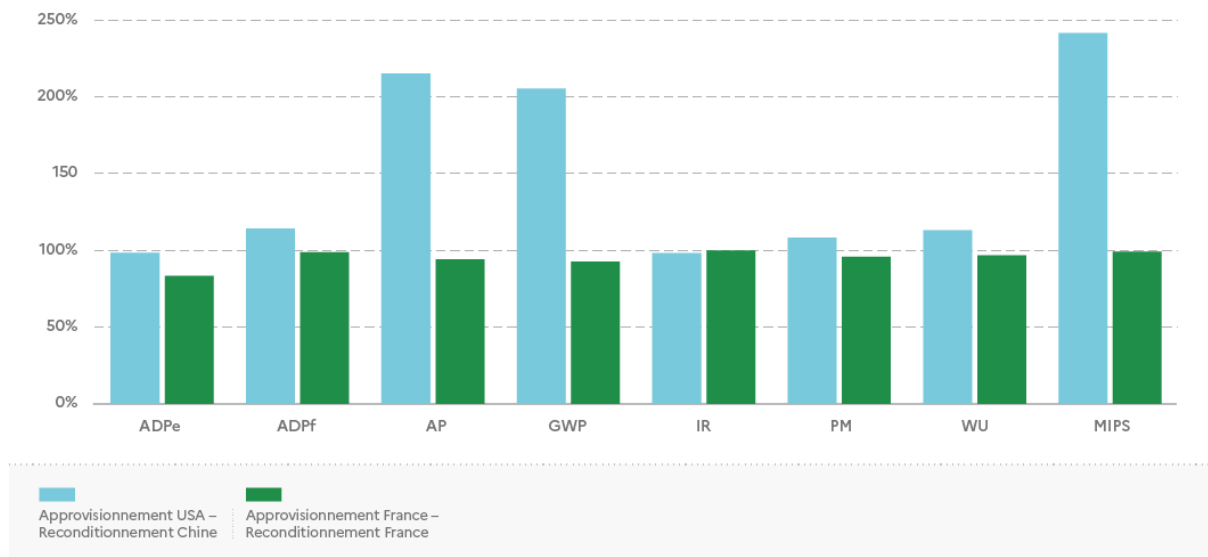


Figure 56 – Ordinateur fixe reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie

Constats :

On observe une variation significative des impacts dans le cadre du scénario international et une variation moindre dans le cadre du scénario local.

Analyses :

Compte tenu du faible taux de changement de pièces et de l'aspect « circuit » court du modèle de référence, le scénario local présente un impact réduit mais la variation est moins contrastée par rapport au scénario de référence.

En revanche, le scénario international présente quant à lui une variation beaucoup plus importante du fait :

- Du mix énergétique considéré selon le site du reconditionneur ;
- D'une augmentation des distances de transport ;
- De l'usage de l'avion pour les transports internationaux.

5.2.4.3.7. Intervalle de variations en fonction de la durée de vie

La durée de seconde vie est un paramètre clé de l'impact environnementale d'un ordinateur reconditionné. Dans le scénario de référence, nous avons fait le choix d'une durée de vie inférieure à la durée de première vie afin d'être dans un scénario réaliste en terme à la fois de comportement et de durée de vie totale du produit.

Ordinateur fixe – Variations des impacts en fonction de la durée de vie de l'ordinateur fixe reconditionné

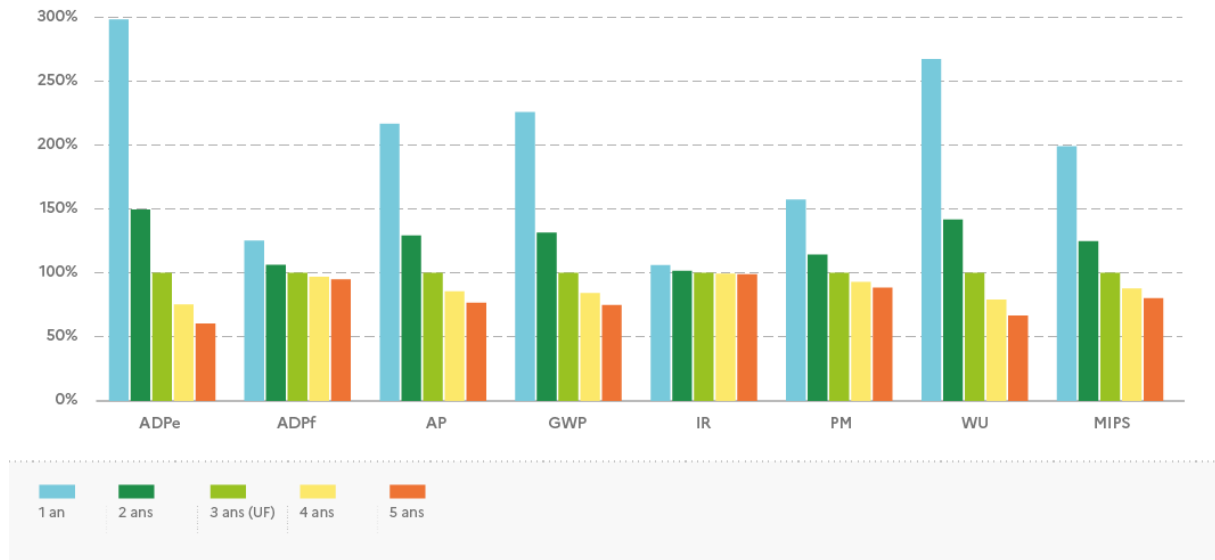


Figure 57 – Ordinateur fixe - Variations des impacts en fonction de la durée de vie de l'ordinateur fixe reconditionné

Constats :

Pour les indicateurs variant fortement en fonction de la consommation d'énergie (ADPf, IR, PM, ...) la variation d'impact est faible. Pour les indicateurs de type ADPe, la variation d'impact est très significative.

Analyses :

La durée de seconde vie est un paramètre dimensionnant clé de l'impact du reconditionnement. Comme pour le neuf, plus la durée de vie est importante, plus l'impact est faible.

5.2.4.3.8. Analyse de sensibilité complémentaire

5.2.4.3.9. Focus sur la RAM

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurren ce)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario de référence (RAM remplacé dans 5% des cas – capacité 16Go)	1,88E-04	1426,92	7,82E-02	15,42	178,12	1,95E-06	2,11	26,52
8Go	100%	100%	99%	99%	100%	100%	96%	98%
32Go	100%	100%	102%	102%	100%	101%	107%	103%
64Go	100%	101%	107%	107%	100%	102%	122%	108%

Tableau 55– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrenc e)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario changement complet de RAM (16Go)	2,00E-04	1 475,97	9,92E-02	19,03	177,88	2,05E-06	4,03	38,80
8Go	100,19%	94,83%	74,62%	75,74%	99,97%	91,55%	60,64%	74,43%
32Go	99,78%	109,78%	148,41%	146,02%	100,05%	115,97%	174,74%	148,53%
64Go	99,28%	128,78%	241,71%	235,15%	100,16%	147,01%	319,96%	241,87%

Tableau 56– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM (changement complet de la RAM)

Constats :

En considérant une modification dans le scénario de référence (changement de RAM dans 5% des cas), on observe que le choix de la capacité de cette dernière a un impact visible mais peu significatif (-1% à +8% pour les indicateurs présentant une variation). Aucune variation n'est observée pour l'indicateur ADPe.

Cette variation est accentuée dans le scénario incluant un changement complet de RAM. On observe alors une variation allant de -25% d'impact à +219% d'impact.

Analyses :

L'augmentation de la capacité de la RAM est corrélée avec une augmentation de la quantité de wafer de silicium et du nombre de masques, et donc à une augmentation significative des impacts associés à la fabrication des semi-conducteurs. Il est à noter que les types d'encapsulations et le nombre de barrettes n'est pas modifié, ce qui explique une stagnation de l'impact sur l'épuisement des ressources naturelles. Il convient donc d'ajuster la capacité de la RAM avec le besoin de l'utilisateur final garantissant ainsi une bonne performance du produit et un allongement réel de la durée de vie.

5.2.4.3.10. Focus sur les disques durs

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurren ce)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario de référence (disque remplacé dans 8% des cas – capacité 512 Go)	1,88E-04	1426,92	7,82E-02	15,42	178,12	1,95E-06	2,11	26,52
256Go	100%	99%	96%	96%	100%	99%	88%	93%
1024Go	100%	101%	106%	106%	100%	101%	121%	105%
2048Go	100%	103%	121%	119%	100%	105%	164%	122%

Tableau 57– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario changement complet de disque (512Go)	4,58E-04	1 562,37	1,38E-01	25,74	179,89	2,26E-06	6,73	60,09
256Go	99,93%	90,60%	66,23%	67,59%	98,84%	85,16%	56,84%	60,85%
1024Go	100,07%	115,25%	152,49%	152,80%	98,99%	122,83%	177,09%	132,07%
2048Go	100,36%	148,34%	267,71%	266,95%	99,19%	173,17%	336,70%	227,59%

Tableau 58– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur (changement complet du disque dur)

Les technologies de production de disques durs SSD sont très similaires à celles de production des RAM. Ainsi, on observe des variations d'impacts importantes, comme pour l'analyse de sensibilité précédente.

Il convient, comme pour la RAM, d'ajuster avec soin la capacité de stockage de l'ordinateur en fonction des besoins de l'utilisateur final.

5.2.4.3.11. Focus sur le mode de distribution par le particulier.

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Référence	1,88E-04	1 426,92	7,82E-02	15,42	178,12	1,95E-06	2,11	26,52
Distribution Urbain > Boutique/Relais Colis	83,68%	99,61%	98,15%	97,50%	99,99%	99,05%	98,03%	100,00%
Distribution Périurbain > Boutique/Relais Colis	127,11%	100,65%	103,26%	104,20%	100,02%	101,60%	103,24%	100,00%
Distribution Rural > Boutique/Relais Colis	170,87%	101,75%	109,19%	111,37%	100,07%	104,55%	108,61%	100,00%
Distribution Rural > Livraison à domicile	84,25%	99,62%	97,87%	97,51%	99,99%	99,05%	98,18%	100,01%

Tableau 59– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de distribution vers/par le particulier

Constats :

Le choix du mode de distribution vers le particulier a un impact très significatif (-3% à +11% pour l'indicateur GWP et -16% à +70% pour l'indicateur ADPe) au regard des impacts du ordinateur fixe reconditionné sur 1 an.

Analyses :

Le choix du mode de distribution est clé pour limiter l'impact environnemental du reconditionnement. Il faut notamment éviter autant que possible les déplacements en voiture individuelle pour récupérer les colis (scenarii Périurbain>Boutique et Rural> Boutique).

5.2.4.4. Normalisation des résultats

5.2.4.4.1. Résultats normalisés par habitant du monde

La normalisation présente un résultat contrasté en fonction des indicateurs considérés. Les indicateurs prioritaires à prendre en compte sont les suivant :

- Pour la phase de reconditionnement (phase prioritaire dans le cadre de cette étude) :
 - Epuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
 - Radiations ionisantes (principalement liées à l'utilisation du mix énergétique français) ;
 - Dérèglement climatique ;
- Pour la phase d'usage :
 - Epuisement des ressources fossiles ;
 - Radiations ionisantes (principalement liées à la phase d'usage et à l'utilisation du mix énergétique français).

Ainsi, certaines analyses comparatives seront menées uniquement sur les indicateurs ADPe, ADPf et GWP.

Ordinateur fixe reconditionné de référence – Répartition des impacts sur le cycle de vie

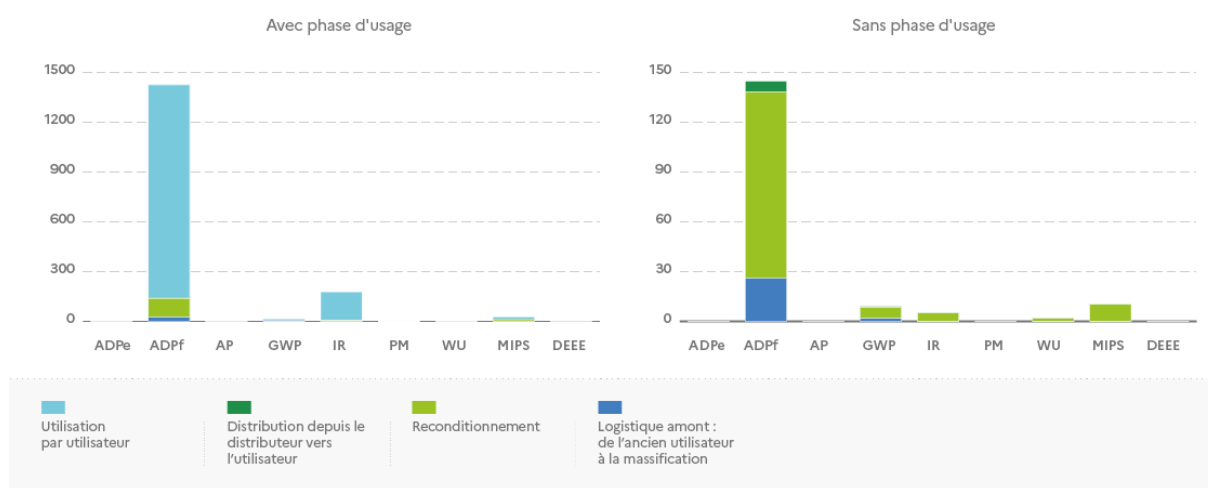


Figure 58 - Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie

5.2.4.4.2. Résultats ramenés aux limites planétaires

La normalisation aux limites planétaires permet d'intégrer la notion de budget soutenable dans la normalisation, c'est pourquoi nous avons décidé de l'intégrer dans les résultats présentés. Grâce à cette normalisation, on observe une inversion de tendance dans les indicateurs prioritaires, avec un focus à mettre sur :

- L'épuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
- Le dérèglement climatique ;
- L'émission de particules fines.

Ainsi, pour une communication simplifiée des résultats, le choix a été fait de se focaliser sur

- L'épuisement des ressources naturelles minérales et fossiles ;
- Le dérèglement climatique.

Ordinateur fixe reconditionné de référence – Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

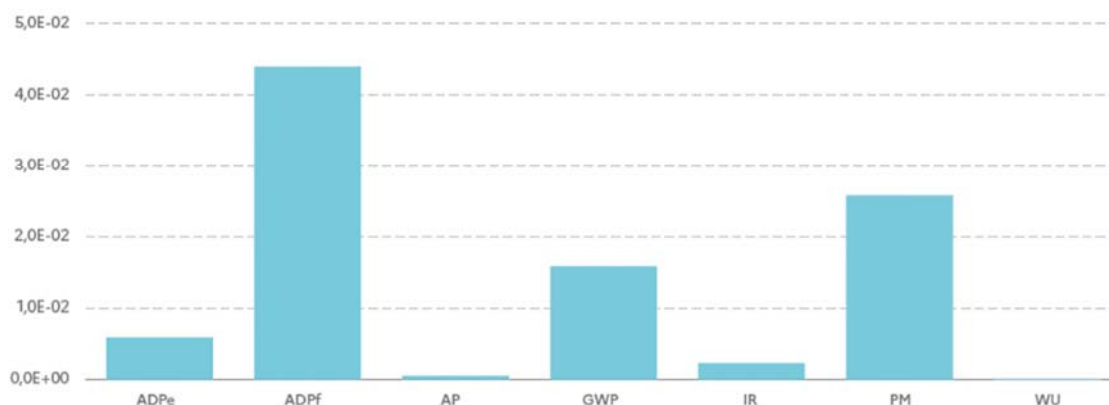


Figure 59- Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

5.2.4.5. Comparaison des impacts des ordinateurs fixes neufs et reconditionnés

5.2.4.5.1. Comparaison des impacts des ordinateurs portables neufs et reconditionnés - Approche par substitution

5.2.4.5.1.1. Résultats d'évaluation pour les modèles de référence à l'échelle de la durée de vie

Impact sur le cycle de vie complet	Ordinateur fixe neuf		Ordinateur fixe reconditionné		Unité
	Usage inclus	Hors usage	Usage inclus	Hors usage	
Durée de vie	5 ans		3 ans		
Dérèglement climatique (GWP)	289,8	256,4	46,25	26,21	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	1 429,0	1 348,0	79,6	29,1	Kg
Production de DEEE	5 430,21	5 430,2	17	17	G
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	7,97E-03	7,95E-03	5,65E-04	5,55E-04	kgeqSb
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	11 130,8	4 730,8	4281	440,8	MJ
Consommation d'eau (WU)	162,9	160,6	6,3	3,1	m3eq
Acidification (AP)	1,53	1,34	2,34E-01	1,18E-01	kgeqH+
Particules fines (PM)	1,59E-05	8,40E-06	5,84E-06	1,34E-06	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	1 661,5	796,5	534,35	15,35	kgU235eq

Tableau 60– Ordinateur fixe de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie)

5.2.4.5.2. Présentation des résultats – Impacts évités

Pour le scénario de référence, l'acquisition d'un ordinateur fixe reconditionné (utilisé pendant 3 ans) en lieu et place d'un ordinateur portable neuf permet d'éviter annuellement les impacts suivants :

	Valeur usage perso	Unité	
Durée de référence du neuf	5	Ans	
Durée de référence du reconditionné	3	Ans	
Dérèglement climatique (GWP)	-42,5	kgeqCO2/an	-73%
Bagage écologique (MIPS)	-259,3	Kg/an	-91%
Production de DEEE	-1080	g/an	-99%
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	-1,41E-03	kgeqSb/an	-88%
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPF)	-800	MJ/an	-36%
Consommation d'eau (WU)	-30,4	m3eq/an	-94%
Acidification (AP)	-2,28E-01	kgeqH+/an	-74%
Particules fines (PM)	-1,24E-06	disease occurrence/an	-39%
Radiations ionisantes (RI)	-154,19	kgU235eq/an	-46%

Tableau 61– Comparaison ordinateur fixe - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence

Cet impact évité est variable selon le scénario choisi, il dépend notamment largement de la durée de vie du produit neuf, de celle du produit reconditionné, et du scénario de reconditionnement. Il s'agit donc d'une évaluation de référence. Les impacts évités sont calculés comme étant la soustraction entre impacts par UF pour l'ordinateur portable reconditionné, et les impacts par UF pour l'ordinateur portable neuf :

$$\text{Impacts évités annualisés} = \frac{\text{Impact équipement reconditionné}}{\text{Durée d'usage de seconde vie}} - \frac{\text{Impacts équipement neuf}}{\text{Durée d'usage de première vie}}$$

A l'échelle d'un individu, la substitution d'un ordinateur fixe neuf par un ordinateur fixe reconditionné permet d'éviter:

- l'émission de 42,5 kgeqCO2 par an, soit 4,31% de son budget empreinte carbone soutenable annuelle
- 127,19 km en voiture
- l'extraction de 259,3 kg de matière
- la production de 1,08 kg de déchet électronique

5.2.4.5.3. Variantes et intervalles de variations

Compte tenu de la variabilité des résultats en fonction du scénario de reconditionnement, la comparaison a été effectuée selon l'approche de substitution entre :

Un produit neuf moyen d'une durée de vie de 5 ans ;

Un produit reconditionné fictif de référence pour une durée d'usage de 3 ans ;

Un produit reconditionné en circuit court* avec un nettoyage simple ;

Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces neuves ;

Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces de seconde main (issue du recyclage);

Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec un nettoyage simple ;

Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces neuves ;

Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces de seconde main.

* Produit collecté et reconditionné en France **Produit collecté aux Etats Unis et reconditionné en Chine

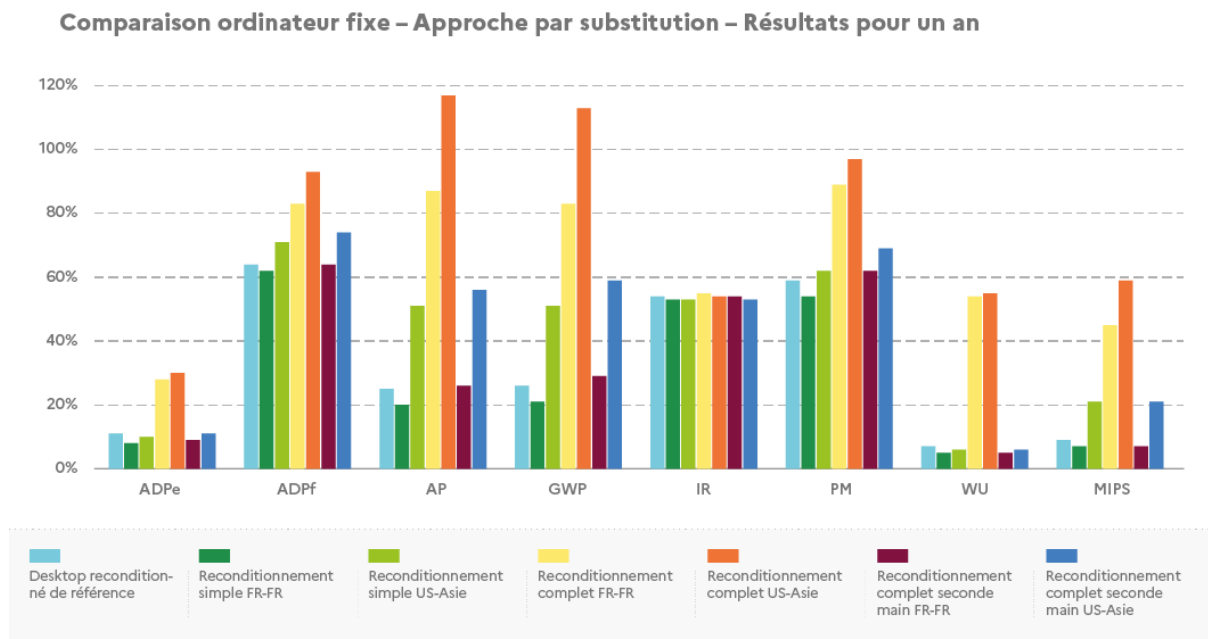


Figure 60 - Comparaison Ordinateur fixe - Approche par substitution - Résultats pour 1 an

À l'échelle de l'unité fonctionnelle (en considérant une durée de 1^{ère} vie de 5 ans et de seconde vie de 3 ans), on s'aperçoit que :

Le reconditionnement est **vertueux** si :

- Aucun changement n'est effectué, ou uniquement des changements mineurs ;
- Des changements de pièces majeurs sont effectués en réutilisant des pièces de seconde main ou en local ;

Le reconditionnement peut s'avérer désavantageux si :

- On effectue de nombreux changements de pièces : RAM et disque en utilisant des pièces neuves et en ayant une logistique internationale.

5.2.4.5.4. Comparaison des impacts des ordinateurs fixes neufs et reconditionnés – Approche par amortissement

Dans l'approche par amortissement, nous considérons que si le reconditionnement intervient avant la fin de la durée de première vie théorique, alors un reste à charge de l'impact environnemental de la première vie est à attribuer à la seconde vie.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de cette approche. Par souci de lisibilité, l'analyse a été menée sur les 3 indicateurs prioritaires à savoir : dérèglement climatique (GWP), épuisement des ressources naturelles minérales et métalliques (ADPe), épuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf).

Comparaison ordinateur fixe – Approche par amortissement – Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie

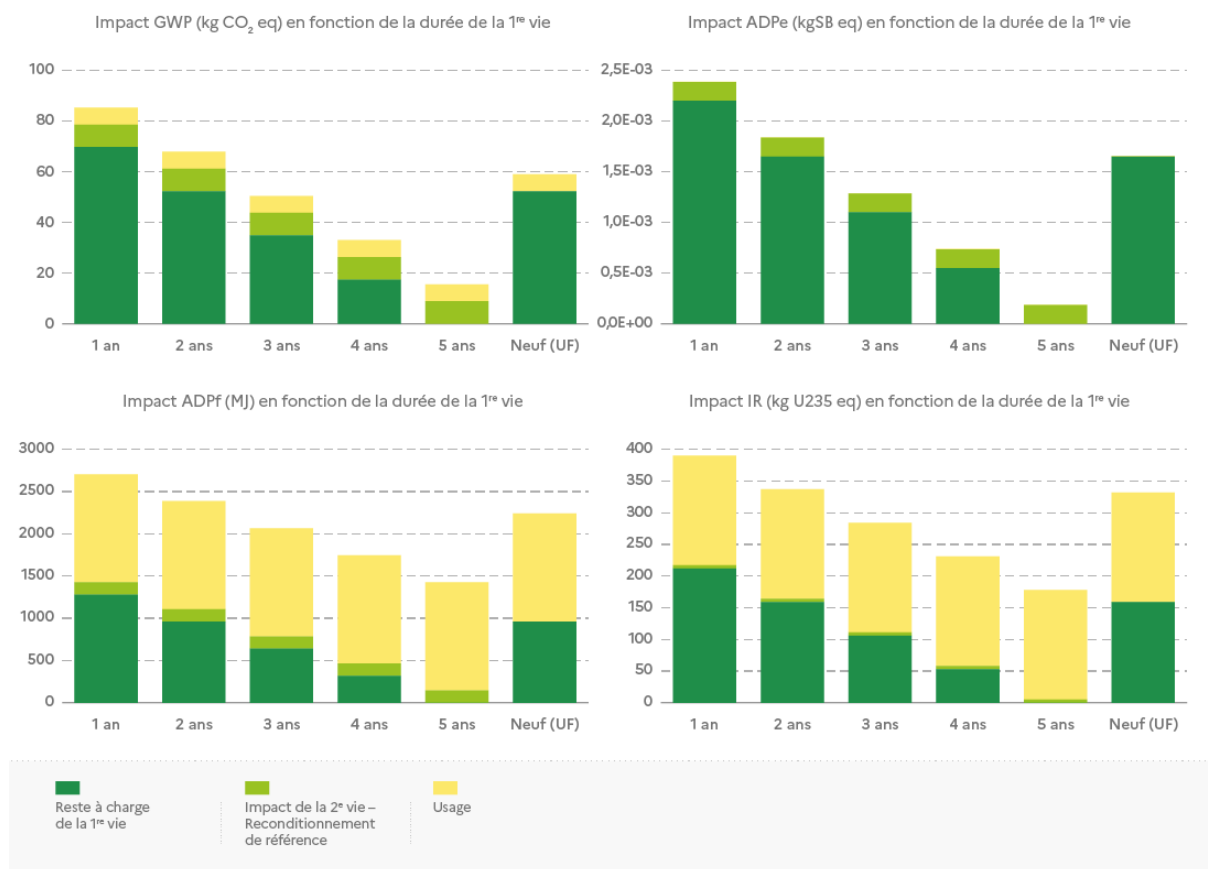


Figure 61 - Comparaison Ordinateur fixe - Approche par amortissement - Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie.

Les premières figures présentent la variation d’impact en fonction de la durée de la première vie. On constate que plus le reconditionnement apparait tard, plus l’impact environnemental du mobile reconditionné est favorable. Si le reconditionnement intervient avant la troisième année alors le reconditionnement n’est pas favorable. Cela renforce la conclusion générale qu’il vaut mieux faire durer son matériel que le remplacer.

Une seconde analyse a été menée. Celle-ci permet de combiner les notions de durée de première vie et de type de reconditionnement. Le scénario de reconditionnement minimum correspondant à un nettoyage simple sur le territoire national quand le reconditionnement maximum correspond à un changement de toutes les pièces. On s’aperçoit encore plus nettement que si le reconditionnement fait intervenir un grand nombre de changement de pièces, il est moins favorable sauf dans les cas où la durée de seconde vie est au moins égale à la durée de première vie.

Comparaison ordinateur fixe – Approche par amortissement – Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement

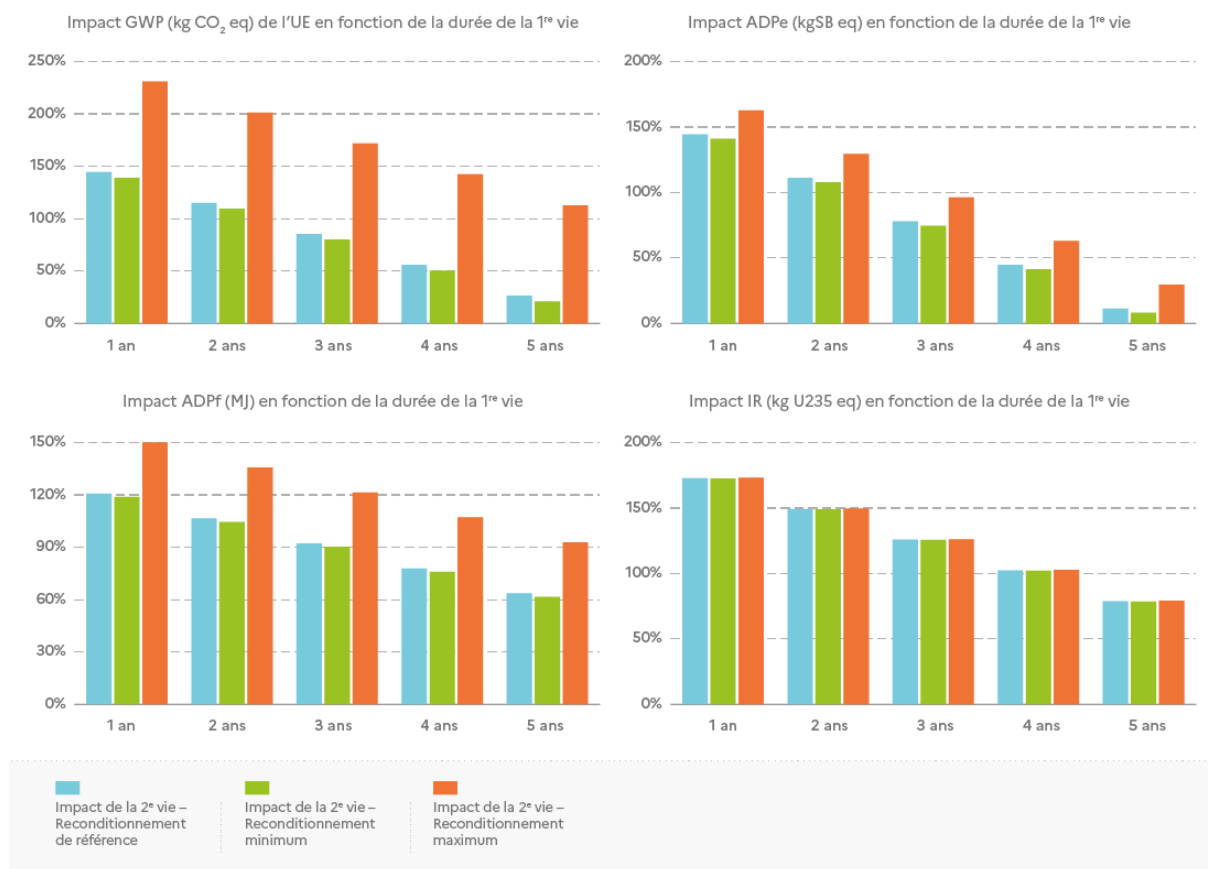


Figure 62 – Comparaison Ordinateur fixe - Approche par amortissement - Variation de l’impact environnemental en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement.

Analyses :

Si on considère une durée de seconde vie de 3 ans et si le reconditionnement intervient avant 3 ans, il génère un impact supplémentaire. Afin d’être bénéfique ce dernier doit donc permettre une augmentation de la durée de vie après reconditionnement de plus de 4 ans.

NOTE – dans l’état actuel du marché du reconditionné, les opérations induisent peu de changement de pièces ou de la substitution par du matériel de seconde main, ce qui implique que le modèle de référence est proche du modèle minimum.

Dans le cas d’un changement toutes pièces, le reconditionnement doit intervenir après 4 ans et permettre une augmentation de durée de vie supérieure à 5 ans

5.2.4.6. Comparaison – Analyse de scénarios comportementaux

Les résultats présentés ci-dessous permettent d'illustrer l'intérêt de l'acquisition d'un équipement reconditionné en fonction du comportement du premier utilisateur et des suivants avec une approche marché.

COMMENT LIRE LES GRAPHIQUES :

Ce graphique permet d'identifier simplement les scénarios d'achats d'ordinateurs fixes reconditionnés plus ou moins vertueux que l'achat neuf (d'un point de vue dérèglement climatique) selon une approche marché. Il s'agit de reporter une partie des impacts de la production de l'équipement du neuf sur le produit reconditionné. Cette approche marché est liée à la durée d'usage théorique : 5 ans pour un ordinateur fixe neuf et 3 ans pour un reconditionné. Nous avons modélisé 6 comportements d'achats sur une période de 10 années :

l'acheteur régulier d'ordinateur fixe reconditionné mais récent : achat tous les 3 ans d'un ordinateur fixe datant de 2 ans.

l'acheteur raisonnable d'ordinateur fixe reconditionné : achat tous les 4 ans d'un ordinateur fixe datant de 3 ans.

l'acheteur vertueux d'ordinateur fixe reconditionné : achat tous les 5 ans d'un ordinateur fixe datant de plus de 5 ans.

l'acheteur raisonnable d'ordinateur fixe neuf : achat tous les 5 ans.

l'acheteur vertueux d'ordinateur fixe neuf : achat tous les 8 ans.

l'acheteur compulsif d'ordinateur fixe neuf : achat tous les 3 ans.

Dans ce paragraphe, l'impact sur le dérèglement climatique varie selon le type d'achat (neuf ou reconditionné), la fréquence d'achat, la durée de 1re vie de l'équipement reconditionné, la durée de détention/utilisation de l'équipement.

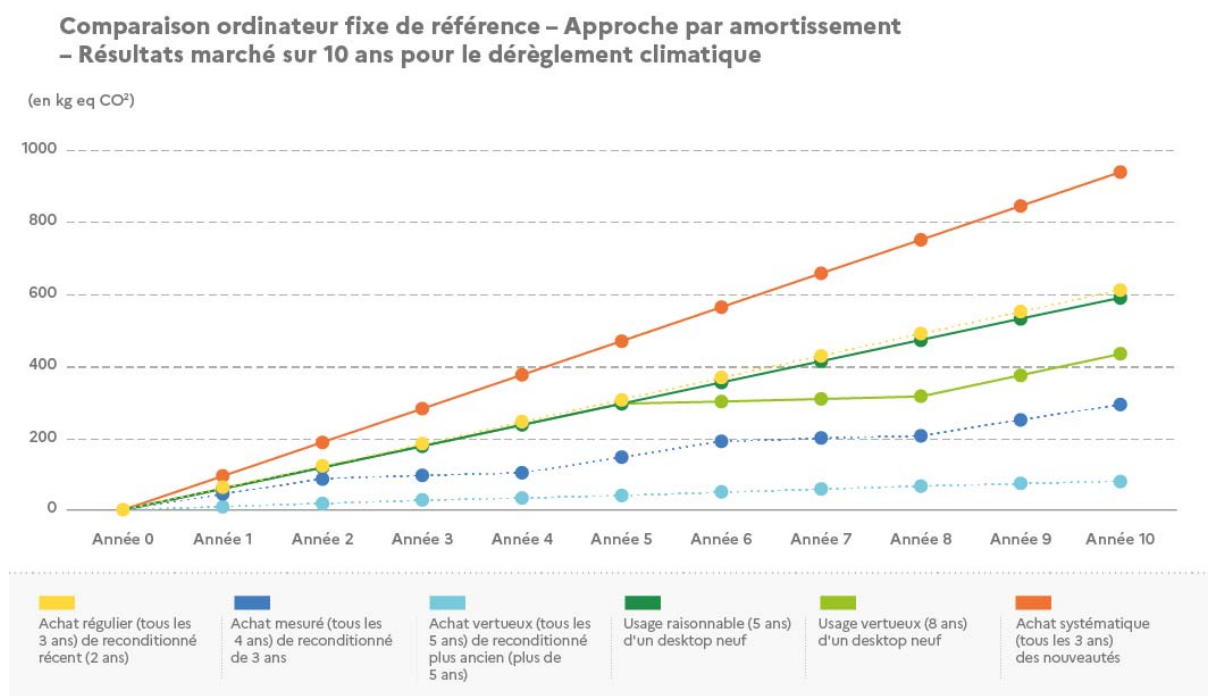


Figure 63 - Comparaison ordinateur fixe de référence - Approche par amortissement - Résultats marché sur 10 ans pour le dérèglement climatique

Les équipements neufs et reconditionnés sont alternativement plus vertueux/plus impactants selon les scénarios.

Le cas minimisant les impacts GWP de façon systématique est l'achat mesuré : achat tous les 5 ans (ou plus) d'un équipement reconditionné ayant eu une 1^e vie de 5 ans (ou plus).

NOTE – l'ensemble des résultats chiffrés pour les ordinateurs portables est présenté dans l'annexe 9.

6. Limites

La détermination précise et exhaustive des impacts environnementaux des produits reconditionnés est une tâche complexe qui fait face à de nombreuses limites du fait de la variabilité du processus de reconditionnements, des types d'acteurs : de l'entreprises de l'économie sociale et solidaire à l'entreprise internationale, de la jeunesse du secteur d'activité. Sont notamment identifiés :

Limites liées à la connaissance des comportements des utilisateurs en terme de durée d'usage

Les durées d'usage des équipements sont méconnues. Les données choisies sont issues de la littérature ou de l'expérience des professionnels. Cependant, les différences de comportements sont très significatives et conduisent à des variations des résultats extrêmement importantes. Des changements dans les durées de vie peuvent être à l'origine d'une modification radicale des conclusions.

Afin de prendre en compte ce point, nous avons :

- Intégré une analyse de sensibilité sur le sujet
- Intégré l'approche par amortissement avec différentes durées de première vie
- Choisi de scénariser des comportements en prenant en compte différentes durées de première et seconde vie, afin d'émettre des recommandations.

De manière générale, il est indispensable de communiquer les résultats accompagnés des durées de première et de seconde vie considérée.

Limites liées à la représentativité du marché des acteurs

Smartphone - Les acteurs ayant participé à cette étude ont vendu près de 990 000 unités en 2020 soient 35% du marché français. Les résultats de l'étude, et donc le modèle de référence, pourraient être améliorés en augmentant ce taux de couverture.

Pour les autres catégories de produits, cette proportion n'a pas pu être évaluée.

Afin d'être en mesure d'élargir l'étude à d'autres cas de figure, nous avons scénarisé des cas spécifiques qui sont fonction :

- Du type de reconditionnement
- De la provenance des produits et de la localisation des fournisseurs

Nous avons ainsi pu établir des intervalles de variations dans les résultats. De plus, pour l'ensemble des comparaisons, nous avons à la fois intégré le scénario de référence et ses variantes.

Limites liées à la qualité des données

Malgré l'implication des participants, les données collectées présentent des niveaux de qualité variables, du fait de disparités dans le suivi des processus chez chacun.

Nous avons donc harmonisé les données et mis en place une stratégie homogène de traitement des données manquantes (pénalisante) et de traitement des distances.

Incertitudes sur les comportements utilisateurs et les durées de vie

Compte tenu du nombre d'équipements hors d'usages en possession des utilisateurs, les périodicités de renouvellement des équipements sont très difficiles à évaluer. Nous avons donc dû considérer des durées d'usages réalistes mais fictives.

Changement de pièces pour les équipements neufs

Pour allonger la durée de vie des équipements neufs, des changements de pièces (renouvellement de batteries notamment) peuvent être utiles. Ils n'ont pas été pris en considération faute de données.

Evaluation de la durée de l'allongement de la seconde vie

On peut imaginer que le renouvellement avec changement de pièces permet une augmentation plus importante de la durée de vie. Cependant, cet aspect n'a pas été pris en considération faute de données. Cependant, nous avons ajouté une analyse de sensibilité sur ce points.

Evaluation des scénarios de transports

Les scénarios logistiques ont été évalués au moyen de données génériques maximisantes afin de traiter l'ensemble des acteurs de la même manière. Les analyses de sensibilités ont montrés que cette approche était acceptable.

Incertitudes liées à la maturité des indicateurs

Les indicateurs de consommation d'eau et de radiations ionisantes présentent parfois des résultats extrêmes qui peuvent interroger. Ces indicateurs bien que pertinents dans le secteur du numérique devront être améliorés dans le futur. De plus l'indicateur sur la consommation d'eau a été supprimé concernant la fin de vie des équipements électriques électroniques car il présentait une anomalie qui sera a corriger.

L'ensemble de ces limites a été pris en compte par des analyses de sensibilité et la scénarisation de comportements ; notamment dans le cas de comparaison au neuf. Ainsi, nous sommes en mesure de présenter des recommandations qui sont pertinentes et ne se limite pas au scénario de référence. On observe une variabilité des conclusions et des résultats qui ne remet pas en question l'aspect vertueux du reconditionnement si ce dernier est pratiqué de manière non prématurée et en effectuant les changements de pièces juste nécessaire.

7. Conclusions

La présente étude a pour objet d'évaluer l'impact environnemental multicritère du reconditionnement d'équipements numériques grands publics (smartphones, tablettes, PCs fixes et portables) et d'identifier la différence d'impact entre l'utilisation d'un équipement reconditionné par rapport à l'acquisition d'un équipement neuf.

Pour ce faire, nous avons mis en place une approche en 2 temps :

- La création de modèle de référence sur la base des données collectées auprès des reconditionneurs
- La scénarisation de ces modèles pour :

Évaluer l'impact des pratiques de reconditionnement

Évaluer l'impact des comportements utilisateur

Ainsi, nous avons pu déterminer les impacts d'un équipement reconditionné de référence, les comparer à un équipement neuf de même catégorie et identifier les principaux contributeurs. On obtient donc une vision multicritère et comparative de l'impact de cette pratique.

Impact	Smartphone reconditionné		Tablette reconditionnée		Ordinateur portable reconditionné		Ordinateur fixe reconditionné	
	DIRECTS	EVITES	DIRECTS	EVITES	DIRECTS	EVITES	DIRECTS	EVITES
Durée de vie de référence	2	3	2	5	3	5	3	5
Dérèglement climatique (GWP)	3,80	-87%	5,63	-78%	9,52	-73%	23,65	-60%
Bagage écologique (MIPS)	12,64	-86%	20	-80%	15	-90%	40	-86%
Production de DEEE	10,99	-84%	40	-75%	8	-97%	16	-99%
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	2,98E-04	-64%	4,19E-04	-70%	1,18E-04	-93%	4,72E-04	-71%
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	102,64	-76%	303,3	-46%	491,3	-40%	1557,5	-31%
Consommation d'eau (WU)	6,79	-77%	13,97	-62%	2,41	-94%	4,06	-88%
Acidification (AP)	2,11E-02	-87%	3,38E-02	-79%	4,88E-02	-76%	1,20E-01	-61%
Particules fines (PM)	2,01E-07	-79%	4,59E-07	-60%	8,16E-07	-48%	2,40E-06	-26%
Radiations ionisantes (RI)	8,96	-26%	35,57	-18%	54,06	-18%	181,01	-46%

Tableau 62– Synthèse des résultats pour les différentes familles de produits.

NOTE – Les pourcentages d'impacts évités sont calculés en fonction de la valeur (100%) d'impact de l'équipement neuf pour la durée de vie de référence choisi ramené à 1 an d'usage.

Dans les cas de référence choisis, et considérant que le reconditionnement permet d'allonger la durée de vie de l'équipement au-delà de la durée de première vie de référence, le reconditionnement permet un gain significatif de ressources et d'émissions par rapport à la production d'un équipement neuf, quel que soit la famille de produit, de -18 à -87% d'impacts annuellement.

Cependant, cette conclusion est susceptible de varier en fonction de 5 facteurs principaux :

- **La durée de première et de seconde vie de l'équipement.** De manière générale, la durée de vie permet d'amortir les impacts de production, distribution et fin de vie. Plus la durée de vie est importante, plus l'impact est faible. Dans le cas où le reconditionnement intervient avant la fin de première vie théorique (selon l'approche par amortissement) et/ou fait intervenir le changement de nombreuses pièces, l'impact d'un produit reconditionné peut être équivalent voire supérieur à celui d'un équipement neuf conservé de nombreuses années. Il est donc crucial de s'assurer que le marché du reconditionné est basé sur une logique de prolongement de la durée de vie et de réduction de la consommation d'équipements.
- **Le taux et type de changement de pièces (écrans, batteries, RAM, disque) :** Lorsqu'ils sont neufs, les pièces de rechange et les accessoires constituent le principal contributeur à l'impact du reconditionnement. En effet, la production d'écrans, de batteries, de barrettes de RAM et de disques durs nécessite de grandes quantités d'énergie, de ressources et d'eau à l'origine d'impacts forts. Dans le cas d'un ordinateur portables, ces 4 composants représentent plus de 50% de l'impact de l'équipement neuf. Ainsi, il convient de changer des pièces seulement quand cela est nécessaire. L'utilisation de pièces de seconde main (quand c'est possible) est une piste intéressante permettant d'assurer un service de qualité .
- **Les pays d'approvisionnement :** le pays d'approvisionnement des équipements à reconditionner a un impact significatif. En effet, les distances et modes de transports ont un impact significatif. D'autant plus que les produits sont souvent envoyés par avion. De plus, certains gisements sont favorisés par des offres de renouvellement très agressives (tous les ans au US) et l'industrie se base alors sur la surconsommation de certains marchés pour fonctionner.
- **L'ajout d'accessoires neuf :** dans certains cas, l'ajout d'accessoires est obligatoire et/ou systématique. La production de ces accessoires présente un impact significatif et pourrait être évité par un envoi à la demande.
- **La localisation du reconditionneur :** plus le reconditionneur est proche de son marché, plus l'impact de la distribution final est faible.

Ces cinq sujets entraînent des variations pouvant aller jusqu'à un facteur 11 entre les impacts environnementaux des reconditionneurs les plus vertueux et les plus impactants. Ainsi, pour mieux identifier les cas bénéfiques et délétères, nous avons choisi de scénariser des modes de reconditionnement en fonction de différents profils allant du nettoyage simple effectué en circuit court au changement toutes pièces effectués à l'international. Dans le cadre des smartphones, le bénéfice d'un reconditionnement est relativement évident. Cependant, dans le cas du reconditionnement d'un ordinateur portable avec changement de pièces, il convient d'être vigilant à ce que le reconditionnement permette un allongement significatif de la durée de vie.

En complément, des comparaisons avec les équipements neufs ont été réalisées selon 2 approches :

- Une approche par substitution
- Une approche par amortissement

Si on se focalise sur l'approche par substitution, pour certaines familles de produits tels que smartphones, tablettes, serveurs et consoles, le reconditionnement s'avère positif dans l'ensemble des cas malgré une durée de seconde vie plus courte. Pour d'autres familles de produits, cette conclusion n'est pas aussi nette.

En complément, l'approche par amortissement permet de nuancer ce propos. En effet, l'impact environnemental des téléphones mobiles et tablettes étant principalement associé à la production de ces équipements, le comportement de renouvellement de l'utilisateur final a une forte influence sur l'impact environnemental de son équipement. Idéalement, le reconditionnement devrait intervenir à la fin de la première vie et le second utilisateur devrait conserver son équipement aussi longtemps que possible. Ainsi, il est recommandé de sourcer les produits issus d'une réelle seconde vie, et de ne pas faire

du marché du reconditionné une caution à la surconsommation associée à certains modèles économiques (offre premium US avec mise à disposition toutes les 6 mois-1 an d'un mobile neuf)

Ainsi, dans le cas où la durée de première vie est raccourcie, alors la durée de seconde vie devra être allongée afin d'absorber les impacts complémentaires associés au reconditionnement. Ainsi, l'impact sur le dérèglement climatique varie selon le type d'achat (neuf ou reconditionné), la fréquence d'achat, la durée de 1e vie de l'équipement reconditionné, la durée de détention/utilisation de l'équipement.

8. Recommandations générales

Afin de maximiser les gains d'impacts environnementaux engendrés par la filière, il conviendrait donc de :

- Au niveau des utilisateurs :
 - Protéger, réparer et faire durer ses équipements
 - Ne faire l'acquisition d'accessoires que lorsque cela est nécessaire
 - Privilégier le reconditionnement local en circuit court
 - Choisir des équipements plus anciens pour être dans une dynamique réelle d'économie circulaire et de seconde vie, pour ne pas encourager à une fin de première vie prématurée, et ne pas favoriser un marché du reconditionné basé sur la surconsommation
 - Garder son équipement reconditionné le plus longtemps possible
 - Choisir des reconditionneurs ayant une vraie démarche d'évaluation de l'impact de leurs produits, et mettant en oeuvre les meilleures pratiques (cf ci-dessus)
 - Choisir un équipement correctement dimensionné pour ses besoins
- Au niveau de reconditionneur
 - Ne pas systématiser les changements de pièces
 - Privilégier les pièces de rechanges de seconde main
 - Optimiser le packaging par son volume, sa masse et ses matériaux
 - Reconditionner au plus prêt de son marché avec des produits issus du même marché
 - Mettre en place une offre de SAV ou d'économie de la fonctionnalité qui permettrait de ne pas remplacer les pièces systématiquement
 - Proposer aux clients des équipement correctement dimensionnés pour leurs besoins
 - Identifier les seuils au delà desquels une réparation n'a pas de bénéfice environnemental (en particulier pour PC et dérivés)
 - Investiguer les opportunités permettant de dater l'age des équipements à reconditionner, valoriser cette information auprès des clients
- Au niveau des plateformes de distribution
 - Organiser la reprise des équipements remplacés pour augmenter la taille du gisement
 - Mettre en avant les produits en circuit court
 - Mettre en place avec les reconditionneurs une offre de SAV ou d'économie de la fonctionnalité qui permettrait de ne pas remplacer les pièces systématiquement en amont, mais de mettre à disposition un service de réparation ou de renouvellement de la batterie pour faire durer l'équipement de manière optimale
- Au niveau du législateur/ des pouvoirs publics
 - Rendre l'ajout du chargeur optionnel (sur demande par exemple)
 - Mettre en place des mesures pour améliorer la collecte des équipements (mettre en place une consigne, donner une valeur de rachat plancher, subventionner le reconditionnement de matériel ayant dépassé la durée d'amortissement de première vie, ...)
 - Organiser la traçabilité des équipements et conserver la date de mise sur le marché.
 - Mettre en place des mesures permettant d'allonger les durées de vie.
 - Aujourd'hui, le facteur limitant de la seconde vie est la possibilité d'augmenter l'usage au-delà de 6 ans et la perte de valeur du matériel passé 3 à 4 ans. Légiférer sur la maintenance des systèmes d'exploitation au-delà de 5 ans et sur l'écoconception des applications mobiles (à minima des services publics) pour les rendre plus légères et

rétrocompatibles permettrait de limiter l'obsolescence matérielle associée à de l'obsolescence logicielle.

- Interdire aux fabricants de mettre en œuvre des pratiques limitant l'utilisation de pièces détachées de seconde main - comme l'appairage de pièces détachées - et le reconditionnement ou la réparation à des tarifs raisonnables hors de leurs circuits agréés.
- Renforcer les exigences de l'indice de réparabilité pour faciliter le changement de pièces par les usagers ou les reconditionneurs
- Aider la filière à se structurer pour pouvoir réellement piloter son impact

9. Annexes

9.1. Rapport de revue critique

Empa
Technology & Society Lab (TSL)
Lerchenfeldstrasse 5
CH-9014 St. Gallen
T +41 58 765 76 72
www.empa.ch/tsl



Rapport

Revue Critique de l'étude DDemain, EFL consulting, LCIE Bureau Veritas « Evaluation de l'impact environnemental d'un ensemble de produits reconditionnés »

Client: ADEME
20, avenue du Grésillé, 49004 Angers (France)

Nombre de pages: **6**
Version: **V1.0**

1 INFORMATIONS RELATIVES AU DEROULEMENT

Le processus de revue critique selon les normes ISO 14'040ff, décrit dans ce document-ci, a eu lieu dans la période de Juin 2021 à Juin 2022, sur ordre de l'ADEME, le commanditaire de l'étude « Evaluation de l'impact environnemental d'un ensemble de produits reconditionnés » - établi par des collaborateurs des sociétés DDemain, EFL consulting, ainsi que LCIE Bureau Veritas.

Ce rapport de revue critique est basé sur le rapport final de l'étude, daté de Juin 2022. La version finale de ce rapport final de revue critique va être intégrée dans le rapport définitif de l'étude.

1.1 Comité de revue critique

Les membres de la revue critique sont les suivants :

Roland HISCHIER
(Juin 2021 → Juin 2022)

Empa
Technology & Society Lab (TSL)
Lerchenfeldstrasse 5
9014 ST-GALLEN
(Suisse)

Stéphane Le Pochat
(Juin 2021 → Février 2022)
Soutenu pendant la deuxième
phase par: Nicolas Béalu

EVEA Evaluation & Accompagnement
11 rue Voltaire
44000 NANTES
(France)

1.2 Déroulement de la revue critique

La revue critique s'est déroulée comme revue accompagnant toute l'étude – i.e. les auteurs de DDemain, EFL consulting, et LCIE Bureau Veritas ont intégré les membres de la revue critique déjà peu après le lancement de l'étude. Au total, 5 réunions (téléphonique) entre les membres du comité de revue critique, les auteurs de l'étude ainsi que le commanditaire ont eu lieu.

Dans une première phase, par une série de réunions téléphonique (avec des présentations concernant le contexte et la méthodologie de l'étude comme sujet principal), les auteurs de l'étude se sont mis d'accord avec les membres de la revue critique sur les principaux choix méthodologiques à faire pour cette étude.

Dans une deuxième phase (avec un rapport intermédiaire sur les smartphone ainsi que son fichier de calcul Excel – envoyé au comité de revue critique suite à la troisième et quatrième réunion en Octobre 2021), une revue critique individuelle a été réalisée par chacun des membres du comité de revue critique et les commentaires de ce travail ont été envoyés aux auteurs de l'étude.

Dans une troisième phase (avec une première version du rapport complet – accompagné de nouveau par des fichiers de calcul Excel) – envoyé au comité de revue critique suite à la cinquième réunion en

Mars 2022), une revue critique individuelle a été réalisée par Roland Hischier, comme seul membre de la revue critique. Il a fait parvenir ses commentaires aux auteurs de l'étude.

La même procédure s'est appliquée dans la quatrième phase avec le rapport final provisoire de l'étude en Juin 2022. De nouveau une revue critique individuelle a été réalisée par Roland Hischier et il a envoyé ses commentaires aux auteurs de l'étude. Basé sur une version corrigé du rapport, Roland Hischier a ensuite établi le rapport de revue critique ci-present.

Toute la procédure de la revue critique – malgré sa longueur – a eu lieu dans une atmosphère ouverte et constructive. Le commanditaire de l'étude (ADEME) était impliqué dans toutes les discussions mentionnées ci-dessus et s'est montré tout particulièrement intéressé dans une exécution professionnelle et irréprochable de toute l'étude.

2 REMARQUES GENERALES

Toute la procédure de revue critique consiste à répondre à la procédure de revue critique selon la norme ISO 14044: 2006. Basée sur ces questions mentionnées dans la norme, la revue critique lors de cette étude a examiné les aspects suivants :

Question	Jugement	Point d'attention pour le lecteur
Les méthodes utilisées pour réaliser cette étude sont-elles consistantes avec les objectifs et le champ de l'étude et en cohérence avec les normes ISO 14040: 2006 et ISO 14044: 2006 ?	Oui	Selon le rapport, l'objectif de l'étude est " d'évaluer l'impact environnemental du reconditionnement d'équipements numériques grands publics (smart-phones, tablettes, PC fixes et portables) et d'identifier la différence d'impact entre l'utilisation d'un équipement reconditionné par rapport à l'acquisition d'un équipement neuf". Pour atteindre un tel but, l'ACV – l'analyse de cycle de vie – est la méthodologie de choix.
Les méthodes utilisées pour réaliser cette étude, sont-elles valables d'un point de vue scientifique et technique ?	Oui	L'étude a comme objectif de proposer une évaluation des impacts environnementaux de différents produits électroniques reconditionnés, portant prioritairement sur les impacts directs. Comme unité fonctionnelle, les auteurs ont choisi "Posséder et utiliser un équipement pendant un an" – ce qui est en accord avec l'objectif de l'étude. Pour les frontières du système, les auteurs ont pris en compte tout le cycle de vie d'un appareil neuf, pendant qu'ils ont pris en compte pour les reconditionnés pas de fin de vie. En effet, ces appareils représentent une sorte de prolongation de l'utilisation d'un appareil – et la fin de vie reste donc liée à ce dernier. La comparaison entre reconditionné et neuf est établie avec deux approches différents – un approche (on peut dire "classic") de substitution, où le reconditionné tout

Question	Jugement	Point d'attention pour le lecteur
		<p>simplement remplace le neuf ... et, comme deuxième approche un approche par amortissement dans lequel une partie de l'impact de l'appareil neuf est reporté et amorti par le reconditionné si le premier n'a pas encore atteint sa fin de vie. C'est deuxième approche permet d'inclure l'issue de la vitesse de l'échange dans le secteur et de prendre en compte le sujet d'une consommation durable.</p> <p>Pour l'évaluation, l'étude ne focalise pas seulement sur les gas à effet de serre (comme font beaucoup d'études en ce moment), mais présente – en s'appuyant sur un rapport de l'ADME – un approche qui contient en totale 6 indicateurs d'impacts ainsi que trois indicateurs de plus qui représentent différents aspects de la consommation de ressource et la production de déchets. Tout cela est en accord avec l'objectif de l'étude - évaluer les impacts environnementaux de différents produits reconditionnés.</p>
<p>Les données et les hypothèses utilisées dans cette étude, sont-elles appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude ?</p>	<p>Oui</p>	<p>La collecte des données était faite au-près des acteurs dans le secteur du reconditionnement – et les données sont donc des données primaires.</p> <p>En vue de la grande variabilité entre les différents acteurs, les auteurs ont établi différents scénario pour le reconditionnement, ainsi que pour l'utilisation.</p> <p>Les auteurs présentent d'une façon très transparente les données ainsi que les hypothèses utilisés dans l'étude. En arrière plan, ils ont fait usage d'une multitude de base de données ... permettant d'avoir pour chaque aspect un jeu de données adéquat à disposition.</p> <p>Tout cela permet d'offrir aux lecteurs de cette étude une vue très complète sur le sujet – ce qui est en parfait accord avec l'objectif de l'étude.</p>
<p>Les interprétations reflètent-elles les objectifs, mais aussi les éventuelles limites identifiées de l'étude ?</p>	<p>Oui</p>	<p>Comme mentionné ci-dessus déjà, l'étude a comme objectif de proposer une évaluation des impacts environnementaux de différents produits électroniques reconditionnés. Pour les 4 appareils (i.e. smartphone, tablette, ordinateur portable, ordinateur fixe), les résultats sont montrés d'une façon logique et en toute transparence. Cela permet aux lecteurs de faire ces propres interprétations et comparaisons.</p> <p>En gros, la documentation dans ce rapport donne une vue d'ensemble en toute transparence sur les données utilisées ainsi que leur limites. Les limites sont décrites tout particulièrement dans le chapitre 6 du rapport d'une façon claire et très bien structuré.</p>

Question	Jugement	Point d'attention pour le lecteur
Le rapport d'étude, est-il transparent et cohérent par rapport aux objectifs de l'étude ?	Oui	Avec sa structure claire et complète, le rapport arrive à donner aux lecteurs le cadre ainsi que les informations nécessaires pour pouvoir facilement comprendre tout l'étude sur le reconditionnement. Il reste quelques derniers manques de précision dans le rapport que nous suggérons de corriger (voir tableau avec les commentaires restants à la fin du rapport).
Les conclusions dans le rapport, sont-elles compatibles avec les objectifs de l'étude ?	Oui	Dans les conclusions, les auteurs arrivent sur peu de pages, à démontrer d'une façon très claire et structuré les avantages écologique du reconditionnement ainsi que les éléments clés qu'il faut prendre en compte pour arriver à ces avantages.

3 Résumé et Conclusion

L'étude est en accord avec les normes internationales pour les analyses de cycle de vie (ACV) (ISO 14'040 et 14'044) et dans mon rôle de la revue critique, je peux soutenir une publication des résultats de cette étude.

St. Gallen (Suisse), le 30 juin 2022



R. Hischer
Head "Advancing Life Cycle Assessment" Group

9.2. Exemple de fichier de collecte – synopsis

Synopsis général

rentre ici les différentes quantités qui sont prises en charge à chaque étape du processus: l'idée est d'identifier les flux et le devenir des équipements qui sortent de ces flux

Etape 0.1 - Collecte 1 - Logistique Amont - Collecte chez les particuliers ==> massification
 Cette étape correspond à la collecte des équipements chez les particuliers jusqu'au premier centre de massification. Cette étape fera l'objet d'une approche moyenne et d'analyse de sensibilité puisque les participants de l'étude ne se charge pas de celle-ci.
 approche par hypothèses territorialisées voir approche Sofigroup

Etape 0.2 - Contrôle sourcing
 Cette étape correspond au contrôle suite à récupération du matériel chez les particuliers. On considère qu'il est identique au contrôle après récupération depuis le fournisseur: vérification du grade et réception de la commande.

Etape 1 - Collecte 2 - Approvisionnement des reconditionneurs
 Cette étape correspond au transport des équipements depuis le centre de massification vers le reconditionneur

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités approvisionnées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 2 - Réception - Contrôle - Tri
 Cette étape correspond à la réception & au contrôle des produits au déchargement via transporteur, à l'effacement des données, au contrôle de l'identité des produits
 Impacts conditionnements et transports si expédition produit sortant à cette étape vers d'autres centres de traitement distants

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Nombre d'unités vendues en direct Broker

Nombre d'unités réemployées

Nombre d'unités sélectionnées pour pièces

Nombre d'unités regagnant la filière DEEE

Etape 3 - Diagnostic/Expertise
 Cette étape correspond à l'analyse fine des dysfonctionnements des appareils

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Nombre d'unités vendues en direct Broker

Nombre d'unités réemployées

Nombre d'unités sélectionnées pour pièces

Nombre d'unités regagnant la filière DEEE

Etape 4A - Reconditionnement des équipements
 Cette étape correspond à la réparation et mise en état des équipements avant reconditionnement

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Proportion par type de reconditionnement

Nettoyage simple	Remplacement	Remplacement Batt	Autres	En cours - En attente de reconditionnement
1	1	1		1
				1

Etape 4.1 - Contrôle - Réinitialisation
 Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 4.2 - Nettoyage
 Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 4.3 - Remplacement Ecran
 Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 4.3 - Remplacement Batterie
 Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 4.3 - Autres
 Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 4B - Reconditionnement des pièces d'occasions
 Cette étape correspond aux impacts du reconditionnement des pièces d'occasion - il peut être fait par un prestataire externe

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 5 - Mise en stock de vente - Contrôle de sortie
 Cette étape correspond au contrôle de sortie avant mise sur le marché

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 6 - Ventes

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Vente directe - BtoB	En magasin	E-commerce	Invendus - Reconditionné non vendu
1	1		
			1

Etape 7 - Préparation de commande - Emballage - Sortie Stock de vente

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Etape 8 - Distribution vente [Scénario en données secondaires - pas de collecte]

Etape 9 - Service client

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Cette étape correspond à la prestation de service: écoute Client - demandes de renseignements - gestion des litiges transports et litiges clients - gestion des RMA et transport IV (autorisation de retour) des produits reconditionnés vendus - suivi du dossier SAV de réparation jusqu'au retour au client- transport out.

Etape 10 - Service après-vente

Réalisé par le répondant

Nombre d'unités traitées sur l'année de référence

Nom du site (nom de l'onglet)

Cette étape correspond à la prestation de service: SAV de produits vendus: réception-contrôle- expertise et réparation jusqu'au retour au client- transport out. Impact transport ALLER - RETOUR pour assurer le traitement du produit au centre de réparation

9.3. Données utilisées pour la modélisation

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Transport	Voiture - Transport de passager	ecoinvent 3.6	market for transport, passenger car; RER // transport, passenger car	2015	2022	Europe	2	1	1	1,3
Transport	Transport bus	ecoinvent 3.6	market for transport, regular bus; GLO // transport, regular bus	2015	2022	Monde	2	1	3	2
Transport	Camion 17T	ecoinvent 3.6	market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO1; ZA // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO1 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO2; ZA // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO2 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO2; ZA // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO2 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6; RER // transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6	2015	2022	Europe	2	1	1	1,3
Transport	Camion 3,3T	ecoinvent 3.6	market for transport, freight, light commercial vehicle; Europe without Switzerland // transport, freight, light commercial vehicle	2015	2022	Europe	2	1	3	2
Transport	Bateau porte-container	ecoinvent 3.6	market for transport, freight, sea, container ship; GLO // transport, freight, sea, container ship	2015	2022	Monde	2	1	1	1,3
Transport	Avion	ecoinvent 3.6	market for transport, freight, aircraft, unspecified; GLO // transport, freight, aircraft, unspecified	2015	2022	Monde	2	1	1	1,3

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Transport	Train	ecoinvent 3.6	market for transport, freight train; Europe without Switzerland // transport, freight train	2015	2022	Europe	2	1	1	1,3
Equipement	Smartphone	NEGAOCTET - Base Impact	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2021	2028	Chine	1	2	2	1,7
Equipement	Tablette	NEGAOCTET - Base Impact	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2021	2028	Chine	1	2	2	1,7
Equipement	PC portable	NEGAOCTET - Base Impact	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2021	2028	Chine	1	2	2	1,7
Equipement	PC fixe	NEGAOCTET - Base Impact	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2021	2028	Chine	1	2	2	1,7
Equipement	Serveur	NEGAOCTET - Base Impact	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2021	2028	Chine	1	2	2	1,7
Equipement	Console de salon	NEGAOCTET - Base Impact	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2021	2028	Chine	1	2	2	1,7
Emballage	Carton (50% recyclé)	EIME-2020-12 & ELCD	Etude ADEME-ARCEP – Impact environnemental du numérique en France -2021	2012	2019	Europe	5	2	2	3
Emballage	Carton-PrimaryProd	EIME-2020-12 & ELCD	Corrugated cardboard; 5 layers; production mix, at plant; primary production; RER	2012	2019	Europe	2	2	2	2
Emballage	Carton-SecondaryProd	EIME-2020-12 & ELCD	Corrugated cardboard; 5 layers; production mix, at plant; secondary production; RER	2012	2019	Europe	2	2	2	2
Emballage	Plastique mis en forme	EIME-2020-12 & ELCD					5	2	2	3
Emballage	Film Polyethylene	ecoinvent 3.6	polyethylene production, low density, granulate; RER // polyethylene, low density, granulate	2017	2024	Europe	2	2	2	2
Emballage	Polystyrene	EIME-2020-12 & ELCD	Polystyrene expandable granulate (EPS); production mix, at plant; RER	2011	2018	Europe	2	2	2	2
Emballage	Papier (50% recyclé)	EIME-2020-12 & ELCD								
Emballage	Papier (from virgin fiber)	EIME-2020-12 & ELCD	Paper; production mix, at plant; from virgin fiber; RER	2000	2007	Europe	5	2	2	3

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Emballage	Papier (recycled)	EIME-2020-12 & ELCD	Paper; production mix, at plant; with deinking, 100% recycled, from wastepaper; RER	2014	2021	Europe	1	2	2	1,7
Emballage	Palette	ecoinvent 3.6	Pine wood; timber; production mix, at saw mill; 40% water content; DE	2011	2018	Allemagne	5	3	3	3,7
Nettoyage	chiffon	EIME-2020-12 & ELCD	Cotton fabric, from intensive production; production mix; RER	2008	2015	Europe	4	2	3	3
Nettoyage	Détergeant	EIME-2020-12 & ELCD	Unspecified organic chemicals; average production; production mix, at plant; RER	2000	2007	Europe	5	3	5	4,3
Pièces de rechange	Verre trempé	EIME-2020-12 & ELCD	Glass; for photovoltaic application; production mix, at plant; RER	2000	2007	Europe	5	3	4	4
Pièces de rechange	Ecran Smartphone LCD	EIME-2020-12 & ELCD	Capacitive touchscreen LCD display panel, color, high-tech application	2020	2027	Chine	1	1	1	1
Pièces de rechange	Ecran Smartphone OLED	NegaOctet Projet	Capacitive touchscreen OLED display panel, color	2020	2027	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Pièce de rechange - reconditionné - écran		Impact environnemental du reconditionnement (collecte de données réalisée dans le cadre de l'étude)	2021	2028	France	1	1	1	1
Pièces de rechange	Pièce de rechange - reconditionné		Impact environnemental du reconditionnement (collecte de données réalisée dans le cadre de l'étude)	2021	2028	France	1	1	1	1
Pièces de rechange	Batterie	EIME-2020-12 & ELCD	Nickel cobalt manganese li-ion (NCM) battery, prismatic; production mix, at plant; GLO	2013	2020	GLO	2	1	2	1,7
Pièces de rechange	Processeur	NegaOctet + French PCR		2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 2GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 2GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 4GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 4GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 8GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 8GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 16GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 16GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 32GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 32GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 64GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 64GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	RAM; DDR5, 128GB	NegaOctet + French PCR	Random-access memory, RAM; DDR5, 128GB; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 256 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 256 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 512 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 512 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 1024 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 1024 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 256 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 256 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 512 Go	NegaOctet + French PCR		2021	2028	Chine	1	1	4	2
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 1024 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 1024 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 2048 Go	NegaOctet + French PCR	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 2048 Go ; production mix, at plant; CN	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	HDD	NegaOctet + French PCR	Hard disk drive; mix of 2.5" and 3.5", mix of aluminium and glass disks	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Alimentation serveur	NegaOctet + French PCR	Power supply unit (PSU), computers, rack and mainframe servers; input AC 100-240V, output DC 12V	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Pièces de rechange	Lecteur de DVD	NegaOctet + French PCR	DVD-ROM Drive	2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Accessoires	Power Supply	NegaOctet + French PCR	External power supply (EPS); production mix, at plant; for mobile device, input AC 100-240V, output DC 5V	2017	2024	Chine	1	1	2	1,3
Accessoires	Cable USB	EIME-2022-01	Modélisation EIME.				1	1	2	1,3

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Accessoires	Ecouteurs	EIME-2022-01		2021	2021	Europe/Chine	1	3	3	2,3
Accessoires	Extracteur carte SIM	EIME-2022-01	Steel electrogalvanised; 35% recycled; production mix, at plant; thickness 0,3 to 3 mm, width 600 to 2100 mm; GLO	2006	2013	Europe	5	3	3	3,7
Consommation	Eau	ecoinvent 3.6	Drinking water; water purification treatment; production mix, at plant; from surface water; RER	2012	2019	Europe	5	2	1	2,7
Consommation	Gaz - France	EIME-2022-01	Process steam; consumption mix, at consumer; MJ; FR	2009	2016	France	4	1	3	2,7
Consommation	Gaz - Chine	EIME-2022-01	Process steam; consumption mix, at consumer; MJ; CN	2009	2016	Chine	4	1	3	2,7
Consommation	Gaz - US	EIME-2022-01	Process steam; consumption mix, at consumer; MJ; US	2009	2016	US	4	1	3	2,7
Consommation	Gaz - Europe	ecoinvent 3.6	Process steam; consumption mix, at consumer; MJ; RER	2008	2015	Europe	4	1	3	2,7
Consommation	Electricity mix - France	EIME-2022-01		2018	2025	France	2	1	1	1,3
Consommation	Electricity mix - Europe	EIME-2022-01		2018	2025	Europe	2	1	1	1,3
Consommation	Electricity Mix - Chine	EIME-2022-01		2018	2025	Chine	2	1	1	1,3
Consommation	Electricity Mix - Romania	EIME-2022-01		2018	2025	Roumanie	2	1	1	1,3
Consommation	Electricity Mix - Germany	EIME-2022-01		2018	2025	Allemagne	2	1	1	1,3
Consommation	Electricity mix - Asia Pacific	EIME + IAE		2018	2025	Asie/Pacifique	2	1	1	1,3

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Pièces de rechange	Manette	EIME-2022-01		2021	2028	Chine	1	1	3	1,7
Fin de vie	Papier/carton-FdV-Tot	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	Papier/carton-FdV-incinération	ecoinvent 3.6	Waste incineration of paper fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant; EU-27	2006	2013	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Papier/carton-FdV-mise en décharge	EIME-2020-12 & ELCD	Landfill of paper waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site; EU-27	2005	2012	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Papier/Carton-FdV-recyclage	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	Plastique-FdV-Tot	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	Plastique-FdV-incinération	ecoinvent 3.6	Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant; EU-27	2011	2012	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Plastique-FdV-mise en décharge	EIME-2020-12 & ELCD	Landfill of plastic waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site; EU-27	2011	2018	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Plastique-FdV-recyclage	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	boisFdV	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	bois-FdV-reutilisation	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	bois-FdV-recyclage	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Fin de vie	bois-FdV-incinération	EIME-2020-12 & ELCD	Waste incineration of untreated wood (10,7% water content); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant; EU-27	2005	2012	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	bois-FdV-mise en décharge	EIME-2020-12 & ELCD	Landfill of untreated wood; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site; EU-27	2005	2012	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Textile souillé -FdV									
Fin de vie	textile-FdV-recyclage	EIME-2020-12 & ELCD				Europe		2	3	2,5
Fin de vie	textile-FdV-incinération	EIME-2020-12 & ELCD	Waste incineration of textile fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant; EU-27	2005	2010	Europe		2	3	2,5
Fin de vie	textile-FdV-mise en décharge	EIME-2020-12 & ELCD	Landfill of textiles; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site; EU-27	2005	2010	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Collecte des déchets	EIME-2020-12 & ELCD	Lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 22 t total weight, 17,3t max payload; RER	2005	2010	Europe	5	2	3	3,3
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Ecran - cm ²	EIME-2020-12 & ELCD	EoL, Flat Screens LCD panel, Substitution benefits included; From collection to final destinations; In the context of French WEEE take-back schemes; FR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Ecran - g	EIME-2020-12 & ELCD	EoL, Flat Screens LCD panel, Substitution benefits included; From collection to final destinations; In the context of French WEEE take-back schemes; FR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Batterie	EIME-2020-12 & ELCD	Waste treatment of Lithium-ion battery; by hydrometallurgical process; technology mix, at waste treatment plant; RER	2010	2017	Europe	2	2	2	2

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Autres	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Autres non électroniques	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Ecran - Smartphone	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Ecran - Tablette	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Ecran - PC portable	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Batterie - Smartphone	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Batterie - Tablette	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Batterie - Laptop	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece Divers - Smartphone	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece Divers - Tablette	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece Divers -PC portable	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece Divers -PC Fixe	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece 2d main - Smartphone	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece 2d main - Tablette	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece 2d main -PC portable	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Fin de vie - WEEE - Piece 2d main -PC Fixe	EIME-2020-12 & ELCD	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Carte mère	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Processeur	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 2GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 4GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 8GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 16GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 32GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 64GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	RAM; DDR5, 128GB	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 256 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 512 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2

		Source	EIME / Ecoinvent Name	Date	Time validity	Location	TiR	GR	TeR	Quality
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 1024 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", SLC, 2048 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 256 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 1024 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 512 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Solid State Drive (SSD); 2,5", MLC, 2048 Go	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	HDD	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Alimentation serveur	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Lecteur de DVD	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2
Fin de vie	Manette	calcul masse DEEE	Modèle CODDE - basée sur les données ESR	2015	2022	France	2	2	2	2

9.4. Données d'impacts – équipements neufs

9.4.1. Résumé des données d'entrée

Source : Etude ADEME –ARCEP – Impact du numérique en France – Novembre 2021

USAGE PARTICULIER	SMARTPHONE				TABLETTE				PC Portable				PC FIXE					
	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Moyenne	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Moyenne	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Moyenne	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Moyenne
Profil									Chromebook	Bureautique	Gaming		PC Basic	PC Family	PC Gaming	PC Power Gaming	PC Power User	
Répartition	33%	33%	33%	100%	33%	33%	33%	100%	40%	49%	12%		18%	16%	31%	14%	21%	100%
Poids de l'équipement (kg)	0,204	0,189	0,202	0,198	0,465	0,498	0,471	0,478	1,5	1,54	2,3	1,61	2,2	2,4	4,8	6,8	10,5	5,43
Poids de l'emballage (kg)	0,0408	0,0378	0,0404	0,039	0,093	0,0996	0,0942	0,0956	0,3	0,308	0,46	0,323	0,44	0,48	0,96	1,36	2,1	1,09
Taille de l'écran (pouces)	6,59	6,57	6,72	6,626	10,2	10,3	11,1	10,5	14,5	14,5	15,6	14,6287						
Technologie de l'écran	LCD tactile	AMOLED	OLED		LCD Tactile	LCD Tactile	LCD Tactile		LCD	LCD	LED							
Type de processeur	MediaTek Helio G85	SnapdragonTM 730G	Exynos 990		Huawei Kirin 659	A10 Fusion	Apple A12 Bionic		AMD Ryzen 5	Intel® Core™ i7 de 8e génération	Intel Core i5		Intel Celeron G3930	Intel Pentium G4560	AMD Ryzen 5 1500X	AMD Ryzen 5 1600	AMD Ryzen 7 1700X	
RAM (Go)	6	7	11	8	4	4	6	4,6	16	8	16	13,3	4	8	8	16	16	10
Stockage SSD (Go)	128	160	341	209,6	32	256	512	266,6	427	564	512	503,801	250	250	250	500	1000	443
Stockage HDD (Go)									0	0	0	0		1000	1000	2000	2000	1172
Surface carte mère (cm²)	125,16	117,94	122,36	121,8	400,84	421,35	461,14	427,7	52,93	62,03	88,22	61	289	359,1	590,49	686,25	686,25	533,24
Masse batterie (g)	84	79	77	80	156,2	205,8	216,4	192,8	330	165	287	244						0
Alimentation externe (g)									245	211	208	224	0,34	1,2	3,27	1,7	1,66	1,85
Exemple de produit de référence	Xiaomi Redmi Note9	Xiaomi Mi Note 10 Lite	Apple iPhone 12 Pro Max		Huawei Mediapad M3 Lite 10.1	Samsung Galaxy Tab S5e	Apple iPad Air 4		Honor MagicBook Pro (2020) AMD	Lenovo ThinkPad X390	Acer Nitro 5 AN515-55-51QY							

9.5. Résultats chiffrés complémentaires pour les familles de produit principales

9.5.1. Familles des smartphones

Impact sur le cycle de vie complet	Smartphone neuf		Smartphone reconditionné		unité
	USAGE INCLUS	HORS USAGE	USAGE INCLUS	HORS USAGE	
Durée de vie	3 ans		2 ans		
Dérèglement climatique (GWP)	85,2	84,4	7,61	7,09	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	268,6	266,7	25,3	23,1	Kg
Production de DEEE	200,20	200,2	22	22	g
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	2,50E-03	2,50E-03	5,97E-04	5,96E-04	kgeqSb
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	1 269,5	1 119,8	205	105,4	MJ
Consommation d'eau (WU)	89,2	89,1	13,6	12,1	m3eq
Acidification (AP)	4,89E-01	4,84E-01	4,23E-02	3,92E-02	kgeqH+
Particules fines (PM)	2,91E-06	2,74E-06	4,02E-07	2,85E-07	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	36,3	16,0	17,92	4,43	kgU235eq

Tableau 62–Impact sur la totalité de la durée de vie d'un smartphone reconditionné et neuf de référence

	ADP-éléments (kg SB eq)	ADP-fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (g U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)	DEEE (kg)
Logistique amont : de l'ancien utilisateur à la massification	12%	8%	12%	15%	0%	15%	1%	0%	0%
Reconditionnement	78%	38%	72%	68%	24%	44%	98%	95%	100%
Distribution depuis le distributeur vers l'utilisateur	10%	6%	9%	11%	0%	11%	1%	0%	0%
Utilisation par utilisateur	0%	49%	7%	7%	75%	29%	0%	5%	0%
TOTAL	2,98E-04	102,64	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,8	12,6	1,10E-02

Tableau 63– Smartphone reconditionné de référence - répartition des impacts sur le cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)	DEEE (g)
Approvisionnement : Massification vers reconditionneurs	3,70E-05	7,95	2,48E-03	0,56	0,04	3,11E-08	5,92E-02	0,01	0,00E+00
Consommations du site de reconditionnement	1,12E-06	5,34	2,02E-03	0,49	0,02	8,35E-09	9,81E-02	0,79	0,00E+00
Reconditionnement standard : Controle - Réinitialisation - Nettoyage	7,06E-08	7,29	1,85E-03	0,34	0,49	1,39E-08	3,55E+00	0,72	0,00E+00
Changement d'écran	1,16E-08	5,07	1,91E-03	0,30	0,01	1,01E-08	9,93E-01	0,37	0,00E+00
Changement de batterie	2,42E-05	5,65	2,17E-03	0,41	0,27	1,33E-08	8,20E-02	1,19	4,50E-03
Changement d'autres pièces	3,83E-06	1,71	1,32E-03	0,16	0,15	5,86E-09	1,81E+00	0,64	4,48E-03
Accessoires	8,40E-07	1,02	3,31E-04	0,07	0,02	2,17E-09	8,29E-04	0,03	8,98E-04
Packaging	1,98E-04	6,81	3,17E-03	0,37	1,16	1,56E-08	6,99E-02	7,69	1,10E-03
Mise en stock ventes	4,40E-07	3,57	1,66E-03	0,36	0,02	6,32E-09	1,05E-01	0,55	0,00E+00
Distribution depuis le reconditionneur vers le distributeur	1,19E-06	0,75	4,90E-04	0,05	0,00	3,19E-09	2,95E-03	0,01	0,00E+00

Tableau 64– Smartphone reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement – Chiffre

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Changement de référence	2,98E-04	102,64	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
Changement Ecran de référence	141%	120%	137%	138%	113%	124%	80%	147%
Changement Ecran LCD	174%	116%	127%	119%	122%	120%	85%	159%
Changement Ecran OLED	92%	125%	150%	167%	100%	130%	72%	129%
Changement Batterie	95%	97%	105%	98%	102%	100%	179%	105%
Changement Divers	90%	93%	83%	85%	95%	90%	72%	86%
Nettoyage Simple	90%	92%	82%	83%	95%	89%	72%	85%

Tableau 65– Smartphone reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scénario de référence	2,98E-04	102,64	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
Scénario International (US-CN-FR) – Changement de référence	100,05%	112,58%	124,38%	121,29%	100,89%	111,25%	48,66%	116,30%
Scénario Local (FR-FR-FR) – Changement de référence	99,35%	101,87%	91,09%	90,91%	110,00%	100,03%	48,17%	95,22%

Tableau 66– Smartphone reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq/europ een moyen)	ADP- fossils (MJ/europ een moyen)	AP (mol H+ eq/europ een moyen)	GWP (kg CO2 eq/europ een moyen)	IR (kg U235 eq/europ een moyen)	PM (Disease occurrence/europee n moyen)	WU (m3/euro peen moyen)
Logistique amont : de l'ancien utilisateur à la massification	5,82E-04	1,22E-04	4,47E-05	6,88E-05	9,06E-06	5,23E-05	5,15E-06
Reconditionnement	3,66E-03	5,98E-04	2,75E-04	3,18E-04	5,09E-04	1,49E-04	5,79E-04
Distribution depuis le distributeur vers l'utilisateur	4,51E-04	9,06E-05	3,35E-05	5,12E-05	6,67E-06	3,82E-05	3,94E-06
Utilisation par utilisateur	1,94E-06	7,68E-04	2,71E-05	3,22E-05	1,60E-03	9,83E-05	1,60E-06
TOTAL	4,69E-03	1,58E-03	3,80E-04	4,70E-04	2,12E-03	3,38E-04	5,90E-04

Tableau 67– Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation (eq habitant du monde) sur l'ensemble du cycle de vie

		ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Durée de vie (ans)	1	5,97E-04	1,55E+02	4,08E-02	7,35E+00	1,12E+01	3,43E-07	1,36E+01	2,46E+01
	2	2,98E-04	1,03E+02	2,11E-02	3,80E+00	8,96E+00	2,01E-07	6,79E+00	1,26E+01
	3	1,99E-04	8,51E+01	1,46E-02	2,62E+00	8,22E+00	1,53E-07	4,53E+00	8,64E+00
	4	1,49E-04	7,63E+01	1,13E-02	2,03E+00	7,85E+00	1,30E-07	3,40E+00	6,64E+00

Tableau 68– Smartphone - Impacts comparés en fonction de la durée de vie du smartphone – approche par substitution, toutes étapes

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Smartphone reconditionné de référence Durée de vie : 2 ans	2,98E-04	1,03E+02	2,11E-02	3,80E+00	8,96E+00	2,01E-07	6,79E+00	1,26E+01
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 2 ans	2,65E-04	9,51E+01	1,52E-02	2,79E+00	9,41E+00	1,76E-07	1,34E+00	1,02E+01
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 2 ans	2,66E-04	1,05E+02	2,19E-02	3,90E+00	8,59E+00	1,94E-07	1,38E+00	1,28E+01
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 2 ans	4,34E-04	1,30E+02	3,19E-02	5,53E+00	1,16E+01	2,68E-07	9,18E+00	2,05E+01
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 2 ans	4,35E-04	1,40E+02	3,87E-02	6,64E+00	1,08E+01	2,86E-07	9,21E+00	2,31E+01
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 2 ans	3,03E-04	1,34E+02	2,72E-02	5,30E+00	1,03E+01	2,71E-07	1,34E+00	1,02E+01
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 2 ans	3,04E-04	1,44E+02	3,39E-02	6,41E+00	9,45E+00	2,89E-07	1,38E+00	1,29E+01
Smartphone neuf de référence Durée de vie : 3 ans	8,34E-04	4,23E+02	1,63E-01	2,84E+01	1,21E+01	9,71E-07	2,97E+01	8,95E+01

Tableau 69- Comparaison smartphone - Approche par substitution – Résultats

		ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
6 mois	Reste à charge de la 1 ^{ère} vie	1E-03	467	2E-01	35,18	6,68	1E-06	37,14	111,12
	Reconditionnement + usage	2,98E-04	103	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
1 an	Reste à charge de la 1 ^{ère} vie	8E-04	373	2E-01	28,14	5,35	9E-07	29,71	88,90
	Reconditionnement + usage	2,98E-04	103	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
2 ans	Reste à charge de la 1 ^{ère} vie	4E-04	187	8E-02	14,07	2,67	5E-07	14,86	44,45
	Reconditionnement + usage	2,98E-04	103	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
3 ans	Reste à charge de la 1 ^{ère} vie	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Reconditionnement + usage	2,98E-04	103	2,11E-02	3,80	8,96	2,01E-07	6,79	12,64
Neuf	UF	8,34E-04	423	1,63E-01	28,40	12,09	9,71E-07	29,73	89,53

Tableau 70– Comparaison smartphone - Approche par amortissement - Résultats chiffrés

	Achat régulier (tous les 2 ans) de reconditionné récent (1 an)	Achat régulier (tous les 2 ans) de reconditionné de 2 ans	Achat mesuré (tous les 3 ans) de reconditionné plus ancien (plus de 3 ans)	Usage raisonnable (3 ans) d'un smartphone neuf	Usage vertueux (6 ans) d'un smartphone neuf	Achat systématique (tous les ans) des nouveautés
Année 0	0	0	0	0	0	0
Année 1	32	18	4	28	28	85
Année 2	64	22	8	57	57	169
Année 3	96	40	8	85	85	254
Année 4	128	43	12	114	86	339
Année 5	160	61	15	142	86	424
Année 6	192	65	16	170	86	508

Tableau 71– Comparaison smartphone de référence - Approche par amortissement - Impacts cumulés sur 6 ans pour le dérèglement climatique

9.5.2. Famille des tablettes

	Tablette neuve		Tablette reconditionnée		Unité
	USAGE INCLUS	HORS USAGE	USAGE INCLUS	HORS USAGE	
Durée de vie	3 ans		2 ans		
Dérèglement climatique (GWP)	77,8	74,0	11,27	8,78	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	301	292	40,5	2,2	Kg
Production de DEEE	479,46	479,46	80	80	g
Épuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	4,20E-03	4,19E-03	8,38E-04	8,37E-04	kgeqSb
Épuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	1 690	976	607	130,4	MJ
Consommation d'eau (WU)	110,7	110,5	27,9	26,1	m3eq
Acidification (AP)	0,48	0,46	6,77E-02	5,33E-02	kgeqH+
Particules fines (PM)	3,42E-06	2,58E-06	9,19E-07	3,61E-07	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	130,7	34,1	71,14	6,78	kgU235eq

Tableau 72– Tablette de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie)

	ADP-éléments (kg SB eq/an)	ADP-fossiles (MJ/an)	AP (mol H+ eq/an)	GWP (kg CO2 eq/an)	IR (kg U235 eq/an)	PM (Disease occurrence/an)	WU (m3/an)	MIPS (kg/an)
Tablette reconditionnée de référence 0,21 Ecran LCD 0,4 Ecran OLED 0,26 Batterie Durée de vie : 2 ans	4,19E-04	303,27	0,03	5,63	35,57	4,59E-07	13,97	20,25
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 2 ans	2,65E-04	282,45	0,02	3,73	34,48	3,95E-07	1,40	11,83
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 2 ans	2,67E-04	308,31	0,03	5,97	33,74	4,26E-07	1,45	16,87
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 2 ans	1,21E-03	394,99	0,08	11,15	45,59	7,04E-07	37,77	55,37
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 2 ans	1,22E-03	420,86	0,09	13,39	44,85	7,34E-07	37,82	60,40
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 2 ans	3,05E-04	347,88	0,05	8,53	34,61	5,22E-07	7,15	19,17
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 2 ans	3,05E-04	347,88	0,05	8,53	34,61	5,22E-07	7,15	19,17

	ADP- element s (kg SB eq/an)	ADP- fossils (MJ/an)	AP (mol H+ eq/an)	GWP (kg CO2 eq/an)	IR (kg U235 eq/an)	PM (Disease occurrenc e/an)	WU (m3/a n)	MIPS (kg/an)
Tablette neuf de référence Durée de vie : 3 ans	1,40E-03	563	0,16	25,93	43,55	1,14E-06	36,93	100,32

Tableau 73– Comparaison tablettes - Approche par substitution - Résultats pour un an

9.5.3. Famille des ordinateurs portables

Impact sur le cycle de vie complet	Ordinateur portable neuf		Ordinateur portable reconditionné		Unité
	USAGE INCLUS	HORS USAGE	USAGE INCLUS	HORS USAGE	
Durée de vie	5 ans		3 ans		
Dérèglement climatique (GWP)	177,2	167,5	24,28	18,45	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	706,8	683,2	44,0	28,1	kg
Production de DEEE	1 610,35	1 610,4	25	25	G
Epuisement des ressources naturelles abiotiques – métaux et semi-métaux (ADPe)	8,09E-03	8,08E-03	2,87E-04	2,84E-04	kgeqSb
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	4 113,1	1 119,8	1416	298,6	MJ
Consommation d'eau (WU)	192,1	191,4	6,5	5,1	m3eq
Acidification (AP)	1,01E+00	9,54E-01	1,22E-01	8,81E-02	kgeqH+
Particules fines (PM)	7,83E-06	5,65E-06	2,07E-06	7,65E-07	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	327,9	76,2	161,88	10,85	kgU235eq

Tableau 74– Ordinateur portable de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie) - Usage personnel

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (g U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)	DEEE (kg)
Logistique amont : de l'ancien utilisateur à la massification	46%	3%	10%	12%	0%	9%	4%	1%	0%
Reconditionnement	33%	17%	59%	61%	7%	23%	89%	67%	100%
Distribution depuis le distributeur vers l'utilisateur	20%	1%	3%	3%	0%	2%	1%	0%	0%
Utilisation par utilisateur	1%	79%	28%	24%	93%	65%	6%	32%	0%
TOTAL	9,57E-05	472	4,06E-02	8,09	54	6,92E-07	2,16	14,7	8,18E-03

Tableau 75– Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossil s (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrenc e)	WU (m3)	MIPS (kg)	DEEE (kg)
Approvisionnement : massification vers reconditionneurs	18%	10%	15%	17%	1%	15%	8%	11%	0%
Consommations du site de reconditionnement	0%	40%	17%	18%	85%	29%	2%	15%	0%

Reconditionnement standard : France – Réinitialisation – Nettoyage	0%	0%	1%	0%	0%	1%	9%	0%	0%
Changement d'écran	10%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	18%
Changement de batterie	5%	1%	3%	2%	2%	2%	38%	3%	23%
Changement de RAM	4%	7%	9%	8%	0%	9%	8%	10%	5%
Changement de disque	43%	15%	22%	19%	6%	20%	19%	30%	39%
Changement d'autres pièces	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	13%
Accessoires	2%	1%	1%	1%	3%	1%	0%	3%	1%
Packaging	4%	18%	24%	27%	2%	14%	16%	21%	0%
Mise en stock ventes	2%	4%	5%	4%	0%	2%	0%	4%	0%
Distribution depuis le reconditionneur vers le distributeur	18%	10%	15%	17%	1%	15%	8%	11%	0%
Total	3,13E-05	81,5	2,41E-02	4,9	3,5	1,79E-07	1,9	9,9	8,18E-03

Tableau 76– Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement - Chiffre

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Changement de référence	9,57E-05	472,00	4,06E-02	8,09	53,96	6,92E-07	2,16	14,68
Changement Ecran de référence	947%	116%	172%	153%	114%	127%	171%	293%
Changement Ecran LCD	1062%	115%	166%	143%	116%	126%	188%	305%
Changement Ecran OLED	102%	122%	211%	225%	102%	137%	44%	209%
Changement Batterie	168%	103%	147%	121%	106%	111%	1857%	165%
Changement RAM	116%	129%	240%	225%	100%	147%	276%	279%
Changement Disque	387%	165%	426%	383%	107%	209%	504%	597%
Changement Divers	80%	96%	79%	82%	99%	93%	42%	70%
Nettoyage Simple	80%	96%	79%	82%	99%	93%	42%	70%

Tableau 77– Ordinateur portable reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scenario de référence	9,57E-05	472,00	4,06E-02	8,09	53,96	6,92E-07	2,16	14,68
Nettoyage simple, sans accessoire	35%	75%	63%	69%	88%	67%	34%	52%

Changement toutes pièces	4019%	830%	1193%	977%	538%	1036%	2996%	1624%
--------------------------	-------	------	-------	------	------	-------	-------	-------

Tableau 78– Ordinateur portable reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d’approvisionnement - Vision reconditionneur

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scenario de référence	9,57E-05	472,00	4,06E-02	8,09	53,96	6,92E-07	2,16	14,68
Approvisionnement USA / reconditionnement Chine	112%	115%	188%	174%	95%	116%	107%	196%
Approvisionnement France / reconditionnement France	97%	98%	90%	89%	101%	98%	99%	91%

Tableau 79– Ordinateur portable reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d’approvisionnement - Vision cycle de vie

	ADP- elements (eq Hab)	ADP- fossils (eq Hab)	AP (eq Hab)	GWP (eq Hab)	IR (eq Hab)	PM (eq Hab)	WU (eq Hab)
Logistique amont : de l’ancien utilisateur à la massification	6,97 ^{E-04}	2,17 ^{E-04}	7,30 ^{E-05}	1,18 ^{E-04}	1,66 ^{E-05}	1,02 ^{E-04}	7,13 ^{E-06}
Reconditionnement	4,91 ^{E-04}	1,24 ^{E-03}	4,32 ^{E-04}	6,23 ^{E-04}	8,36 ^{E-04}	2,60 ^{E-04}	1,78 ^{E-04}
Distribution depuis le distributeur vers l’utilisateur	3,01 ^{E-04}	6,08 ^{E-05}	2,25 ^{E-05}	3,43 ^{E-05}	4,48 ^{E-06}	2,57 ^{E-05}	2,64 ^{E-06}
Utilisation par utilisateur	1,45 ^{E-05}	5,73 ^{E-03}	2,03 ^{E-04}	2,40 ^{E-04}	1,19 ^{E-02}	7,34 ^{E-04}	1,19 ^{E-05}
TOTAL	1,50 ^{E-03}	7,25 ^{E-03}	7,30 ^{E-04}	1,02 ^{E-03}	1,28 ^{E-02}	1,12 ^{E-03}	2,00 ^{E-04}

Tableau 80– Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d’impacts après normalisation sur l’ensemble du cycle de vie

		ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Durée de vie (ans)	1	1,90E-04	5,72E+02	7,00E-02	1,42E+01	5,76E+01	9,47E-07	4,19E+00	2,46E+01
	2	9,57E-05	4,72E+02	4,06E-02	8,09E+00	5,40E+01	6,92E-07	2,16E+00	1,47E+01
	3	6,41E-05	4,39E+02	3,08E-02	6,04E+00	5,28E+01	6,07E-07	1,49E+00	1,14E+01
	4	4,83E-05	4,22E+02	2,59E-02	5,02E+00	5,22E+01	5,64E-07	1,15E+00	9,70E+00
	5	3,88E-05	4,12E+02	2,30E-02	4,40E+00	5,18E+01	5,39E-07	9,47E-01	8,70E+00

Tableau 81– Ordinateur portable - Impacts comparés en fonction de la durée de vie – approche par substitution, toutes étape

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)
Facteur de normalisation	3 ^{E-02}	3 ^{E+04}	1 ^{E+02}	1 ^{E+03}	8 ^{E+04}	7 ^{E-05}	3 ^{E+04}
Ordinateur portable reconditionné de référence	0,30%	1,46%	0,03%	0,82%	0,07%	0,93%	0,01%

Ordinateur portable reconditionné de référence – Normalisé	2,62%	1,31%	0,11%	2,88%	0,02%	1,30%	0,11%
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tableau 82– Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
Ordinateur portable reconditionné de référence	5,91%	57,30%	20,09%	23,16%	82,27%	42,98%	5,96%	10,39%
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR	4,50%	53,76%	13,95%	16,25%	82,59%	38,94%	2,42%	6,30%
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie	5,45%	63,24%	33,65%	36,02%	78,06%	46,71%	2,89%	17,19%
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR	81,36%	127,66%	148,08%	145,15%	106,63%	135,38%	159,79%	115,83%
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie	82,31%	137,14%	167,78%	164,93%	102,10%	143,15%	160,27%	126,72%
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR	3,42%	59,70%	21,70%	28,38%	82,94%	49,74%	2,68%	6,41%
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie	4,37%	69,18%	41,40%	48,16%	78,42%	57,52%	3,15%	17,30%
Ordinateur portable neuf de référence	1,62E-03	822	0,20	35,52	66	1,55E-06	38,49	141,35

Tableau 83– Comparaison Ordinateur portable - Approche par substitution - Résultats pour 1 an

		ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
1 an	Reste à charge de la 1ère vie	2,16E-03	6,00E+02	2,54E-01	4,47E+01	2,03E+01	1,51E-06	5,10E+01	1,82E+02
	Reconditionnement	9,57E-05	4,72E+02	4,06E-02	8,09E+00	5,40E+01	6,92E-07	2,16E+00	1,47E+01
2 ans	Reste à charge de la 1ère vie	1,62E-03	4,50E+02	1,91E-01	3,35E+01	1,52E+01	1,13E-06	3,83E+01	1,37E+02
	Reconditionnement	9,57E-05	4,72E+02	4,06E-02	8,09E+00	5,40E+01	6,92E-07	2,16E+00	1,47E+01
4 ans	Reste à charge de la 1ère vie	5,39E-04	1,50E+02	6,36E-02	1,12E+01	5,08E+00	3,77E-07	1,28E+01	4,55E+01
	Reconditionnement	9,57E-05	4,72E+02	4,06E-02	8,09E+00	5,40E+01	6,92E-07	2,16E+00	1,47E+01
5 ans	Reste à charge de la 1ère vie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reconditionnement	9,57E-05	4,72E+02	4,06E-02	8,09E+00	5,40E+01	6,92E-07	2,16E+00	1,47E+01

Neuf	UF	1,62E-03	4,50E+02	1,91E-01	3,35E+01	1,52E+01	1,13E-06	3,83E+01	1,37E+02
------	----	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Tableau 84– Comparaison Ordinateur portable - Approche par amortissement - Résultats chiffrés

	Achat régulier (tous les 3 ans) de reconditionné récent (2 ans)	Achat mesuré (tous les 4 ans) de reconditionné de 3 ans	Achat vertueux (tous les 5 ans) de reconditionné plus ancien (plus de 5 ans)	Usage raisonnable (5 ans) d'un ordinateur portable neuf	Usage vertueux (8 ans) d'un ordinateur portable neuf	Achat systématique (tous les 3 ans) des nouveautés
Année 0	0	0	0	0	0	0
Année 1	40	28	6	35	35	58
Année 2	79	57	12	71	71	116
Année 3	119	63	18	106	106	173
Année 4	159	65	20	142	142	231
Année 5	198	94	22	177	177	289
Année 6	238	122	28	213	179	347
Année 7	278	128	35	248	181	404
Année 8	317	130	41	284	183	462
Année 9	357	159	43	319	218	520
Année 10	396	187	45	354	254	578

Tableau 85– Comparaison ordinateur portable de référence - Approche par amortissement - Impacts cumulés sur 10 ans pour le dérèglement climatique

9.5.4. Familles des ordinateurs fixes

Impact sur le cycle de vie complet	Ordinateur fixe neuf		Ordinateur fixe reconditionné		unité
	usage inclus	hors usage	usage inclus	hors usage	
Durée de vie	5 ans		3 ans		
Dérèglement climatique (GWP)	289,5	256,1	46,25	26,21	kgeqCO2
Bagage écologique (MIPS)	1 429,0	1 348,0	79,6	29,1	Kg
Production de DEEE	5 430,21	5 430,2	17	17	g
Epuisement des ressources naturelles abiotiques - métaux et semi-métaux (ADPe)	7,97E-03	7,95E-03	5,65E-04	5,55E-04	kgeqSb
Epuisement des ressources naturelles fossiles (ADPf)	11 135,3	4 735,3	4281	440,8	MJ
Consommation d'eau (WU)	162,3	160,0	6,3	3,1	m3eq
Acidification (AP)	1,53E+00	1,34E+00	2,34E-01	1,18E-01	kgeqH+
Particules fines (PM)	1,59E-05	8,45E-06	5,84E-06	1,34E-06	disease occurrence
Radiations ionisantes (RI)	1 661,5	796,5	534,35	15,35	kgU235eq

Tableau 86– Ordinateur fixe de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie)

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)
Logistique amont : de l'ancien utilisateur à la massification	43%	1,8%	10%	11%	0,1%	6%	6%
Reconditionnement	38%	7,9%	38%	43%	2,8%	15%	71%
Distribution depuis le distributeur vers l'utilisateur	17%	0,5%	3%	3%	0,0%	1%	2%
Utilisation par utilisateur	2%	90%	50%	43%	97%	78%	20%
TOTAL	1,88E-04	1 426,92	7,82E-02	15,42	178,12	1,95E-06	2,11

Tableau 87– Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)	DEEE (kg)
Approvisionnement : massification vers reconditionneurs	43,5%	18,5%	21,7%	27,5%	2,2%	32,5%	20,0%	10,2%	0,0%
Consommations du site de reconditionnement	0,1%	33,3%	13,0%	9,6%	87,5%	18,8%	1,6%	13,5%	0,0%
Contrôle - Réinitialisation - Nettoyage	0,0%	0,4%	0,7%	0,4%	0,0%	0,4%	10,4%	0,5%	0,0%
Changement de RAM	2,9%	6,9%	9,5%	9,2%	0,4%	8,3%	9,8%	9,3%	26,9%
Changement de disque	30,1%	16,7%	25,6%	22,0%	6,4%	18,1%	30,2%	41,1%	70,3%
Changement d'autres pièces	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	1,6%
Accessoires	0,6%	0,3%	0,6%	0,3%	1,4%	0,3%	0,2%	1,3%	1,2%
Packaging	1,9%	16,5%	21,3%	22,5%	1,3%	7,9%	25,7%	23,1%	0,0%
Distribution depuis le reconditionneur vers le distributeur	20,7%	7,4%	7,4%	8,2%	0,9%	13,5%	2,1%	1,0%	0,0%
Total	7,22E-05	114,26	2,98E-02	6,51	4,96	3,08E-07	1,43	10,14	5,82E-03

Tableau 88– Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement – chiffre

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
Changement de référence	1,88E-04	1 425,13	7,81E-02	15,53	178,12	1,93E-06	2,35	1,88E-04
Changement RAM	106%	109%	170%	163%	100%	115%	300%	197%
Changement Disque	244%	121%	267%	246%	102%	137%	522%	372%
Changement Divers	87%	98%	87%	87%	100%	96%	71%	81%
Nettoyage Simple	87%	98%	87%	87%	100%	96%	71%	81%

Tableau 89– Ordinateur fixe reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
Scenario de référence	1,88E-04	1 426,92	7,82E-02	15,42	178,12	1,95E-06	2,11	1,88E-04
Approvisionnement USA / reconditionnement Chine	113%	115%	220%	212%	98%	112%	116%	242%
Approvisionnement France / reconditionnement France	83%	99%	94%	93%	100%	96%	96%	99%

Tableau 90– Ordinateur fixe reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq/europ een moyen)	ADP-fossils (MJ/europe en moyen)	AP (mol H+ eq/europe en moyen)	GWP (kg CO2 eq/europe en moyen)	IR (kg U235 eq/europe en moyen)	PM (Disease occurrenc e/europee n moyen)	WU (m3/europ een moyen)
Logistique amont : de l'ancien utilisateur à la massification	5,81E-04	1,22E-04	4,47E-05	6,87E-05	9,04E-06	5,22E-05	5,15E-06
Reconditionnement	3,70E-03	5,78E-04	2,71E-04	3,17E-04	5,03E-04	1,35E-04	5,84E-04
Distribution depuis le distributeur vers l'utilisateur	4,51E-04	9,06E-05	3,35E-05	5,12E-05	6,67E-06	3,81E-05	3,94E-06
Utilisation par utilisateur	1,94E-06	7,68E-04	2,71E-05	3,22E-05	1,60E-03	9,83E-05	1,60E-06
TOTAL	4,74E-03	1,56E-03	3,77E-04	4,69E-04	2,12E-03	3,23E-04	5,95E-04

Tableau 91– Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)	MIPS (kg)
1	3,73E-04	1,57E+03	1,18E-01	2,42E+01	1,83E+02	2,39E-06	3,74E+00	3,68E+01

Durée de vie (ans)	2	1,88E-04	1,43E+03	7,82E-02	1,54E+01	1,78E+02	1,95E-06	2,11E+00	2,65E+01
	3	1,27E-04	1,38E+03	6,50E-02	1,25E+01	1,76E+02	1,80E-06	1,56E+00	2,31E+01
	4	9,57E-05	1,35E+03	5,84E-02	1,10E+01	1,76E+02	1,72E-06	1,29E+00	2,14E+01
	5	7,72E-05	1,34E+03	5,45E-02	1,02E+01	1,75E+02	1,68E-06	1,13E+00	2,03E+01

Tableau 92– Ordinateur fixe - Impacts comparés en fonction de la durée de vie – approche par substitution, toutes étapes

	ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurrence)	WU (m3)
Facteur de normalisation	3E-02	3E+04	1E+02	1E+03	8E+04	7E-05	3E+04
Ordinateur fixe reconditionné de référence	1,88E-04	1,43E+03	7,81E-02	1,55E+01	1,78E+02	1,93E-06	2,35E+00
Ordinateur fixe reconditionné de référence - Normalisé	5,92E-03	4,40E-02	5,39E-04	1,58E-02	2,34E-03	2,58E-02	8,94E-05

Tableau 93– Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
Ordinateur fixe reconditionné de référence 0,18 RAM 0,2 Disque Durée de vie : 3 ans	1,88E-04	1 426,92	7,82E-02	15,42	178,12	1,95E-06	2,11	26,52
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	1,33E-04	1 382,79	6,30E-02	12,19	177,69	1,79E-06	1,36	21,20
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	1,61E-04	1 601,75	1,58E-01	29,69	174,61	2,03E-06	1,74	58,93
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	4,62E-04	1 863,13	2,69E-01	48,84	182,05	2,93E-06	17,33	129,28
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	4,91E-04	2 082,09	3,64E-01	66,34	178,97	3,17E-06	17,71	167,01
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	1,51E-04	1 439,90	7,95E-02	17,06	177,96	2,04E-06	1,42	21,25
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement US,	1,80E-04	1 658,86	1,74E-01	34,57	174,88	2,28E-06	1,80	58,99

	ADP- element s (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans								
Ordinateur fixe neuf de référence 10Go RAM 443 Go SSD 1272 Go HDD Durée de vie: 5 ans	1,59E-03	2 227,06	3,06E-01	57,90	332,30	3,19E-06	32,46	285,80

Tableau 94- Comparaison Ordinateur fixe - Approche par substitution - Résultats pour 1 an

		ADP- elements (kg SB eq)	ADP- fossils (MJ)	AP (mol H+ eq)	GWP (kg CO2 eq)	IR (kg U235 eq)	PM (Disease occurre nce)	WU (m3)	MIPS (kg)
1 an	Reste à charge de la 1ère vie	2,12E-03	1,26E+03	3,57E-01	6,83E+01	2,12E+02	2,25E-06	4,27E+01	3,59E+02
	Recondi- tion- nement	1,88E-04	1,43E+03	7,82E-02	1,54E+01	1,78E+02	1,95E-06	2,11E+00	2,65E+01
2 ans	Reste à charge de la 1ère vie	1,59E-03	9,47E+02	2,67E-01	5,12E+01	1,59E+02	1,69E-06	3,20E+01	2,70E+02
	Recondi- tion- nement	1,88E-04	1,43E+03	7,82E-02	1,54E+01	1,78E+02	1,95E-06	2,11E+00	2,65E+01
4 ans	Reste à charge de la 1ère vie	5,30E-04	3,16E+02	8,92E-02	1,71E+01	5,31E+01	5,63E-07	1,07E+01	8,99E+01
	Recondi- tion- nement	1,88E-04	1,43E+03	7,82E-02	1,54E+01	1,78E+02	1,95E-06	2,11E+00	2,65E+01
5 ans	Reste à charge de la 1ère vie	0	0	0	0	0	0	0	0
	Recondi- tion- nement	1,88E-04	1,43E+03	7,82E-02	1,54E+01	1,78E+02	1,95E-06	2,11E+00	2,65E+01
Neuf	UF	1,59E-03	9,47E+02	2,67E-01	5,12E+01	1,59E+02	1,69E-06	3,20E+01	2,70E+02

Tableau 95- Comparaison ordinateur fixe - Approche par amortissement - Résultats chiffrés

	Achat régulier (tous les 3 ans) de reconditionné récent (2 ans)	Achat mesuré (tous les 4 ans) de reconditionné de 3 ans	Achat vertueux (tous les 5 ans) de reconditionné plus ancien (plus de 5 ans)	Usage raisonnable (5 ans) d'un ordinateur portable neuf	Usage vertueux (8 ans) d'un ordinateur portable neuf	Achat systématique (tous les 3 ans) des nouveautés
Année 0	0	0	0	0	0	0
Année 1	60	43	9	58	58	92
Année 2	120	86	17	116	116	184
Année 3	180	94	26	174	174	276
Année 4	240	101	33	232	232	368
Année 5	300	144	40	289	289	460
Année 6	360	187	48	347	296	552
Année 7	420	196	57	405	303	644
Année 8	480	202	66	463	310	736
Année 9	540	245	72	521	367	828
Année 10	600	288	79	579	425	920

Tableau 96– Comparaison ordinateur fixe de référence - Approche par amortissement - Impacts cumulés sur 10 ans pour le dérèglement climatique

9.6. Résultats d'extrapolation à d'autres familles de produits

NOTE – Le projet initial de l'étude ADEME incluait la réalisation d'ACV pour les familles de produits box, serveurs et consoles. Cependant, lors de l'étude, nous n'avons pu collecter suffisamment d'informations primaires pour réaliser une étude de même qualité que pour les autres familles de produits plus matures. Ainsi, nous proposons ci-après des extrapolations adaptées à ces familles de produits mais basé sur la collecte de données primaires des ordinateurs portables.

Cette extrapolation permet d'avoir en tête des ordres de grandeur pour ces 2 familles de produits.

9.6.1. Familles des serveurs

9.6.1.1. Généralités

Définition : un serveur informatique est un dispositif informatique qui offre des services à un ou plusieurs clients. Les services les plus courants sont : l'accès aux informations du Web ; le courrier électronique ; le partage de périphériques ; le commerce électronique ; le stockage en base de données. En fonctionnement, un serveur répond automatiquement à des requêtes provenant d'autres dispositifs informatiques (les clients), selon le principe dit client-serveur. Le format des requêtes et des résultats est normalisé, se conforme à des protocoles réseaux et chaque service peut être exploité par tout client qui met en œuvre le protocole propre à ce service. Les serveurs sont utilisés par les entreprises, les institutions et les opérateurs de télécommunication. Ils sont courants dans les centres de traitement de données et le réseau Internet⁴⁰.

9.6.1.2. Données de références

En l'absence de données de terrain, nous avons considéré qu'un serveur subissait le même type de reconditionnement qu'un ordinateur fixe. Nous avons donc effectué une extrapolation du modèle ordinateur fixe vers le modèle serveur. En revanche, aucun modèle de référence n'a été modélisé ici.

⁴⁰ https://fr.wikipedia.org/wiki/Serveur_informatique

	Serveur reconditionné	Serveur neuf
Type de modélisation		
Sources des données	Extrapolation à partir du modèle ordinateur fixe	Etude ADEME/ARCEP – Base de données NegaOctet
Reconditionneurs	Reconditionneurs (7 collectes)	
Types de données	Ateliers du bocage; ATF bis repetita, ATF GAIA, Atoutek, Ingram, LM Ecoproduction, Recyclea	Secondaire
Modèle de référence	Secondaire	Produit de référence représentatif des usages entreprises
Caractéristiques du modèle de référence	Produit moyen basé sur les collectes reconditionneurs	Serveur Rack avec 2 processeurs 4 SSD de 2048 GB each, 4x16 GB RAM ; 1 GPU
Pièces changées	RAM, disques durs	
Consommation en phase d'usage	Lieu de reconditionnement : France (100%) Lieu d'approvisionnement : France (81.43%), Europe (18.57%)	Lieu de production : Asie (100%) Lieu d'approvisionnement : Asie (100%)
Masse	18 kg	18kg
Lieu d'utilisation	France	France
Durée de vie	3 ans	5 ans
Consommation annuelle (kWh)	10512 kWh	10512 kWh

Tableau 97– Caractéristiques de référence des serveurs

9.6.1.3. Résultats - Comparaison des impacts serveurs neufs et reconditionnés – approche par substitution.

Le calcul réalisé pour les serveurs étant une extrapolation des calculs réalisés pour les ordinateurs fixes, l'analyse générale des résultats est très similaire à celle obtenue pour les ordinateurs fixes. Ainsi, une synthèse comparative a uniquement été réalisée pour cette famille de produit en considérant ;

- Un produit neuf moyen d'une durée de vie de 5 ans ;
- Un produit reconditionné fictif de référence pour une durée d'usage de 3 ans ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces neuves ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces de seconde main ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces neuves ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces de seconde main.

* Produit collecté et reconditionné en France **Produit collecté aux Etats Unis et reconditionné en Chine

NOTE – le changement toute pièce correspond à un changement de disque dur et de RAM

	ADP- elements (kg SB eq/an)	ADP- fossils (MJ/an)	AP (mol H+ eq/an)	GWP (kg CO2 eq/an)	IR (kg U235 eq/an)	PM (Disease occurrence/an)	WU (m3/an)	MIPS (kg/an)
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	5,73E-04	1,35E+05	4,12E+00	7,14E+02	1,82E+04	1,58E-04	5,11E+01	1,71E+03
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	6,89E-04	1,35E+05	4,34E+00	7,66E+02	1,82E+04	1,59E-04	5,21E+01	1,79E+03
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	3,17E-03	1,47E+05	9,21E+00	1,64E+03	1,82E+04	1,87E-04	4,67E+02	4,00E+03
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	3,29E-03	1,47E+05	9,42E+00	1,69E+03	1,82E+04	1,87E-04	4,68E+02	4,08E+03
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	5,91E-04	1,35E+05	4,14E+00	7,19E+02	1,82E+04	1,59E-04	5,12E+01	1,71E+03
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	7,07E-04	1,35E+05	4,35E+00	7,71E+02	1,82E+04	1,59E-04	5,21E+01	1,79E+03
Serveur neuf de référence Durée de vie: 5 ans	1,83E-02	1,56E+05	1,32E+01	2,34E+03	1,88E+04	2,08E-04	7,64E+02	6,15E+03

Tableau 98– Comparaison serveurs - Approche par substitution - Résultats pour un an

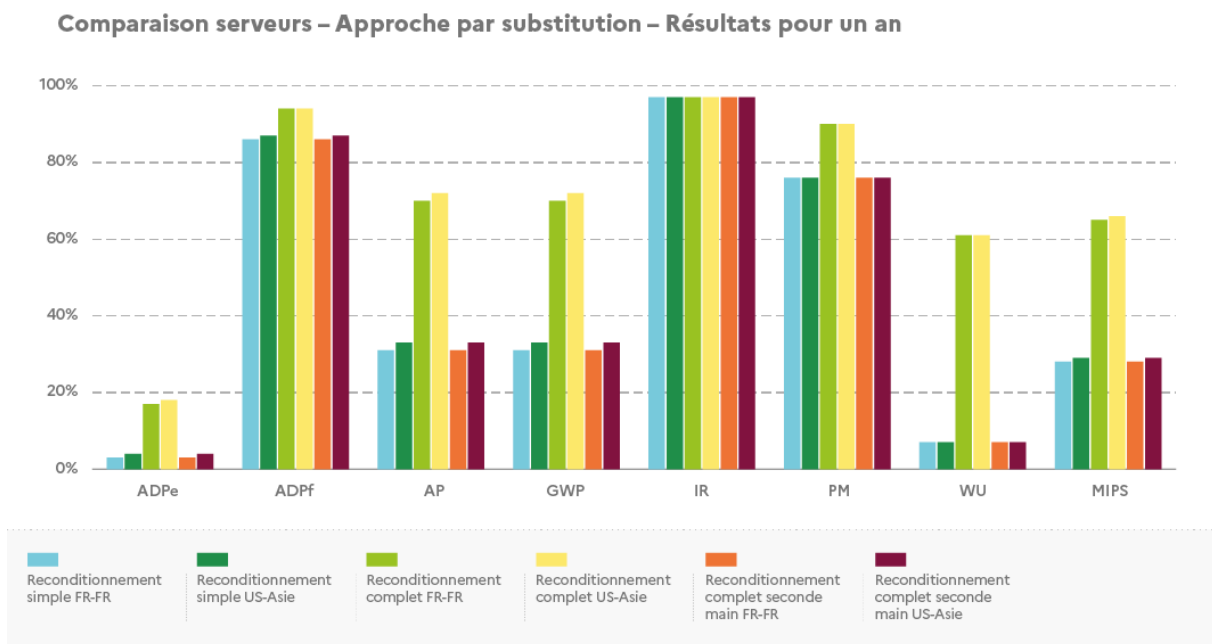


Figure 64-Comparaison serveurs - Approche par substitution - Résultats pour un an

Malgré des hypothèses conservatrices pour l'équipement neuf, on constate que les serveurs reconditionnés ont un impact plus faible que l'acquisition de matériel neuf, quel que soit le scénario de

reconditionnement. En effet, la variation des impacts entre les scénarios de reconditionnement n'enlève jamais l'impact bénéfique des pratiques de reconditionnement.

9.6.2. Familles des consoles de salon

9.6.2.1. Généralités

Définition : selon le SRI⁴¹, cité dans le rapport sur les ICT, « La console de jeux est un appareil informatique dont la fonction principale est de jouer à des jeux vidéo. Les consoles de jeux partagent de nombreuses fonctionnalités et composants de l'architecture matérielle que l'on trouve dans les ordinateurs personnels généraux (par exemple, unité(s) centrale(s) de traitement, mémoire système, architecture vidéo, lecteurs optiques et/ou disques durs ou autres formes de mémoire interne) ».

9.6.2.2. Données de références

En l'absence de données de terrain, nous avons considéré qu'une console de salon subissait le même type de reconditionnement qu'un ordinateur fixe. Nous avons donc effectué une extrapolation du modèle ordinateur fixe vers le modèle console. En revanche, aucun modèle de référence n'a été modélisé ici.

	Console reconditionnée	Console neuve
Type de modélisation		
Sources des données	Extrapolation à partir du modèle ordinateur fixe	Etude ADEME/ARCEP – Base de données NegaOctet
Reconditionneurs	Reconditionneurs (7 collectes)	
Types de données	Ateliers du bocage; ATF bis repetita, ATF GAIA, Atoutek, Ingram, LM Ecoproduction, Recyclea	Secondaire
Modèle de référence	Secondaire	Produit moyen basé sur le marché Français
Caractéristiques du modèle de référence	Produit moyen basé sur les collectes reconditionneurs	Voir tableau ci-dessous
Consommation en phase d'usage	Lieu de reconditionnement : France (100%) Lieu d'approvisionnement : France (81.43%), Europe (18.57%)	Lieu de production : Asie (100%) Lieu d'approvisionnement : Asie (100%)
Changement de pièces	Manettes + Disques durs	
Lieu d'utilisation	France	France
Durée de vie	3 ans	5 ans
Consommation annuelle (kWh)	55,88 kWh	55,88 kWh

Tableau 99- Caractéristiques de référence des consoles

⁴¹ En Union Européenne, les consoles de jeux vidéo sont soumis à une Self-Regulatory Initiative (SRI) selon la directive eco-design (ENTR lot 3). Les signataires sont les trois principaux fabricants : Microsoft (Xbox), Sony (PlayStation) et Nintendo. La version la plus récente est le SRI 2.6.3 (2018) et le dernier rapport de conformité par un inspecteur indépendant (Intertek) a été publié en octobre 2019 (Intertek, Independent Inspector Annual Compliance Report – Games Consoles Self-Regulatory Initiative, Reporting Period 2018, Oct. 2019). Toutes les informations sur le SRI sont disponibles sur le site dédié : www.efficientgaming.eu.

USAGE PARTICULIER	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Moyenne
Répartition	79,50%	3,30%	2,10%	15,10%	100%
Poids de l'équipement (kg)	2,8	4,78	2,9	3,5	2,97
Poids de l'emballage (kg)	0,56	0,956	0,58	0,7	0,59
Type de processeur	AMD Jaguar	AMD Zen 2	AMD Jaguar	AMD Jaguar	
RAM (Go)	8	16	8	8	8,3
Stockage SSD (Go)	0	825	0	0	27
Stockage HDD (Go)	500	0	500	500	483,5
Surface carte mère (cm ²)	838,75		904,72		686
Type de carte graphique	AMD Radeon	AMD RDNA 2	AMD Radeon	AMD Radeon	
Exemple de produit de référence	Playstation 4	Playstation 5	Xbox One S	Xbox One	

Tableau 100– Caractéristiques de référence des consoles neuves

9.6.2.3. Résultats - Comparaison des impacts consoles neuves et reconditionnées – approche par substitution.

Le calcul réalisé pour les consoles étant une extrapolation des calculs réalisés pour les ordinateurs fixes, l'analyse générale des résultats est très similaire à celle obtenue pour les smartphones. Ainsi, une synthèse comparative a uniquement été réalisée pour cette famille de produit en considérant :

- Un produit neuve moyen d'une durée de vie de 5 ans ;
- Un produit reconditionné fictif de référence pour une durée d'usage de 3 ans ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces neuves ;
- Un produit reconditionné en circuit court* avec changement de pièces de seconde main ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec un nettoyage simple ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces neuves ;
- Un produit reconditionné sur un marché mondialisé** avec changement de pièces de seconde main.

* Produit collecté et reconditionné en France **Produit collecté aux Etats Unis et reconditionné en Chine

NOTE – le changement toute pièce correspond à un changement de disque et de manettes

	ADP- elements (kg SB eq/an)	ADP- fossils (MJ/an)	AP (mol H+ eq/an)	GWP (kg CO2 eq/an)	IR (kg U235 eq/an)	PM (Disease occurrence /an)	WU (m3/an)	MIPS (kg/an)
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	1,11E-04	8,05E+02	4,28E-02	8,59E+00	1,01E+02	1,05E-06	1,35E+00	1,39E+01
Nettoyage simple, sans accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	1,38E-04	9,60E+02	1,13E-01	2,14E+01	9,79E+01	1,28E-06	1,68E+00	4,05E+01
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	3,78E-04	1,04E+03	1,44E-01	2,67E+01	1,03E+02	1,62E-06	9,24E+00	7,00E+01
Changement toutes pièces, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	4,05E-04	1,20E+03	2,14E-01	3,95E+01	1,00E+02	1,85E-06	9,57E+00	9,66E+01
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement FR, reconditionnement FR Durée de vie : 3 ans	1,29E-04	8,62E+02	5,93E-02	1,35E+01	1,02E+02	1,30E-06	1,40E+00	1,40E+01
Changement toutes pièces de 2d main, avec accessoires, approvisionnement US, reconditionnement Asie Durée de vie : 3 ans	1,57E-04	1,02E+03	1,29E-01	2,63E+01	9,82E+01	1,53E-06	1,74E+00	4,06E+01
Console neuve de référence Durée de vie : 5 ans	4,86E-03	1,47E+03	3,19E-01	5,85E+01	1,93E+02	2,68E-06	2,08E+01	3,12E+02

Tableau 101– Comparaison consoles - Approche par substitution - Résultats pour un an

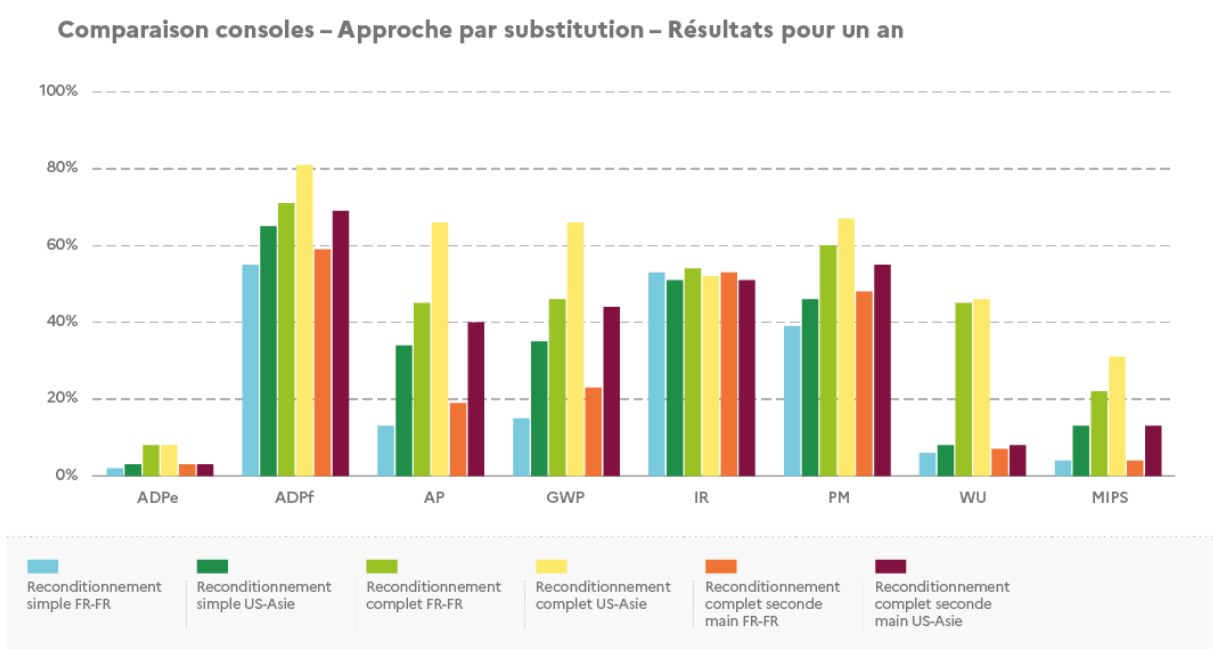


Figure 65 - Comparaison consoles - Approche par substitution - Résultats pour un an

Malgré des hypothèses conservatrices pour l'équipement neuf, on constate que les consoles reconditionnées ont un impact plus faible que l'acquisition de matériel neuf, quelque soit le scénario de reconditionnement. En effet, la variation des impacts entre les scénarios de reconditionnement n'enlève jamais l'impact bénéfique des pratiques de reconditionnement.

10. Index des tableaux et figures

TABLEAUX

Tableau 1 – Durées de vie identifiées dans la littérature	34
Tableau 2 – Durées de vie considérées dans le cadre des études	34
Tableau 3 – Description du synopsis de reconditionnement considéré pour chaque famille de produit.....	36
Tableau 4 – Processus de collecte par famille d'équipement.....	37
Tableau 5 – Matrice des distances de transport.....	38
Tableau 6 - Scénario de référence – mode de transport pour acquisition du matériel.	38
Tableau 7 – Informations sur les mix	40
Tableau 8 – Description de la méthode DQR appliquée dans le cadre de l'étude.....	41
Tableau 9 – Taux de recyclage, d'incinération pour les déchets d'emballages.....	46
Tableau 10 – Sélection d'indicateurs pertinents sur la base de normalisation et de pondération	47
Tableau 11 – Description des indicateurs	48
Tableau 12 – Facteurs de normalisation proposés par la JRC.....	49
Tableau 13 – Facteurs des limites planétaires.....	50
Tableau 14 – Présentation des caractéristiques des smartphones de références.....	51
Tableau 15 – Smartphone reconditionné de référence - Présentation des profils des reconditionneurs - Synthèse.....	53
Tableau 16 – Smartphone reconditionné - Caractéristiques physiques des différents éléments considérés pour le modèle de référence	53
Tableau 17 – Smartphone reconditionné - Données d'entrées pour modélisation du scénario de référence	55
Tableau 18 – Caractéristiques du smartphone neuf considéré.....	56
Tableau 19 – Smartphone de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an	58
Tableau 20 – Smartphone - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an - Variations entre sociétés	63
Tableau 21 – Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement dans le modèle de référence.....	67
Tableau 22 – Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement complet d'écran	67
Tableau 23– Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité masse de batterie	68
Tableau 24– Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de transport amont	68
Tableau 25 – Smartphone reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de distribution	69
Tableau 26– Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie	71
Tableau 27- Smartphone de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie).....	72
Tableau 28– Comparaison smartphone - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence.....	72
Tableau 29 – Caractéristiques de référence des tablettes.....	78
Tableau 30 – Caractéristiques des tablettes neuves considérées	79
Tableau 31 – Tablette de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an	79
Tableau 32 – Comparaison tablette - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence.....	80
Tableau 33– Présentation des caractéristiques des ordinateurs portables de références	83
Tableau 34 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Présentation des profils des reconditionneurs - Synthèse.....	84
Tableau 35 – Ordinateur portable reconditionné - Caractéristiques physiques des différents éléments considérés pour le modèle de référence.....	84
Tableau 36 – Données de collecte ordinateur portable reconditionné	86
Tableau 37- Caractéristiques de l'ordinateur de référence neuf.....	87

Tableau 38– Ordinateur portable de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an.....	89
Tableau 39– Ordinateur portable - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an - Variations entre sociétés	96
Tableau 40– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement dans le modèle de référence	98
Tableau 41– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité type d'écran - Pour changement complet d'écran.....	99
Tableau 42– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM	99
Tableau 43– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM (changement complet de la RAM)	99
Tableau 44– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur ...	100
Tableau 45– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur (changement complet du disque dur).....	100
Tableau 46– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de transport	101
Tableau 47– Ordinateur portable reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de distribution	101
Tableau 48– Ordinateur portable de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie) - Usage personnel.....	103
Tableau 49– Comparaison ordinateur portable - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence.....	104
Tableau 50– Présentation des caractéristiques des ordinateurs fixes de références	109
Tableau 51– Ordinateur fixe reconditionné de référence - Présentation des profils des reconditionneurs - Synthèse.....	111
Tableau 52– Ordinateur fixe - Données de collecte associées au reconditionnement	112
Tableau 53– Ordinateur fixe - Description du modèle de référence.....	112
Tableau 54– Ordinateur fixe de référence - Impacts environnementaux par unité fonctionnelle pour 1 an.....	115
Tableau 55– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM	123
Tableau 56– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité de la RAM (changement complet de la RAM).....	124
Tableau 57– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur.....	124
Tableau 58– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité capacité du disque dur (changement complet du disque dur).....	125
Tableau 59– Ordinateur fixe reconditionné - Analyse de sensibilité - Mode de distribution vers/par le particulier	125
Tableau 60– Ordinateur fixe de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie	127
Tableau 61– Comparaison ordinateur fixe - Approche par substitution - Impacts évités pour les scénarios de référence.....	128
Tableau 62– Impact sur la totalité de la durée de vie d'un smartphone reconditionné et neuf de référence	155
Tableau 63– Smartphone reconditionné de référence - répartition des impacts sur le cycle de vie	156
Tableau 64– Smartphone reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement - Chiffre	156
Tableau 65– Smartphone reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie .	156
Tableau 66– Smartphone reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie	156
Tableau 67– Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation (eq habitant du monde) sur l'ensemble du cycle de vie	157
Tableau 68– Smartphone - Impacts comparés en fonction de la durée de vie du smartphone – approche par substitution, toutes étapes	157
Tableau 69– Comparaison smartphone - Approche par substitution – Résultats.....	157
Tableau 70– Comparaison smartphone - Approche par amortissement - Résultats chiffrés	158
Tableau 71– Comparaison smartphone de référence - Approche par amortissement - Impacts cumulés sur 6 ans pour le dérèglement climatique	158

Tableau 72–	Tablette de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie	158
Tableau 73–	Comparaison tablettes - Approche par substitution - Résultats pour un an	159
Tableau 74–	Ordinateur portable de référence - Impacts environnementaux pour l'ensemble du cycle de vie pour les durées de vie de référence (sur l'ensemble du cycle de vie) - Usage personnel.....	159
Tableau 75–	Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie	160
Tableau 76–	Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement - Chiffre	160
Tableau 77–	Ordinateur portable reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie.....	161
Tableau 78–	Ordinateur portable reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision reconditionneur	161
Tableau 79–	Ordinateur portable reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie	161
Tableau 80–	Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie	161
Tableau 81–	Ordinateur portable - Impacts comparés en fonction de la durée de vie – approche par substitution, toutes étapes.....	161
Tableau 82–	Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie	162
Tableau 83–	Comparaison Ordinateur portable - Approche par substitution - Résultats pour 1 an.	162
Tableau 84–	Comparaison Ordinateur portable - Approche par amortissement - Résultats chiffrés	162
Tableau 85–	Comparaison ordinateur portable de référence - Approche par amortissement - Impacts cumulés sur 10 ans pour le dérèglement climatique	163
Tableau 86–	Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie	163
Tableau 87–	Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement - chiffre.....	164
Tableau 88–	Ordinateur fixe reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie	164
Tableau 89–	Ordinateur fixe reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie	164
Tableau 90–	Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie	165
Tableau 91–	Ordinateur fixe - Impacts comparés en fonction de la durée de vie – approche par substitution, toutes étapes.....	165
Tableau 92–	Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie	165
Tableau 93–	Comparaison Ordinateur fixe - Approche par substitution - Résultats pour 1 an	166
Tableau 94–	Comparaison ordinateur fixe - Approche par amortissement - Résultats chiffrés.....	166
Tableau 95–	Comparaison ordinateur fixe de référence - Approche par amortissement - Impacts cumulés sur 10 ans pour le dérèglement climatique.....	167
Tableau 96–	Caractéristiques de référence des serveurs	168
Tableau 97–	Comparaison serveurs - Approche par substitution - Résultats pour un an	169
Tableau 98–	Caractéristiques de référence des consoles	170
Tableau 99–	Caractéristiques de référence des consoles neuves	171
Tableau 100–	Comparaison consoles - Approche par substitution - Résultats pour un an	172

FIGURES

Figure 1 –	Composition des smartphones et Ordinateurs - La face cachée du numérique - ADEME 2021.....	14
Figure 2 –	Familles de produits et variantes étudiées	15
Figure 3 -	Fondamentaux de l'analyse du cycle de vie	16

Figure 4 – Rôles et responsabilités des acteurs de l'étude	22
Figure 5 – Périmètre de l'étude pour les produits reconditionnés	25
Figure 6 – Périmètre de l'étude pour les produits neufs	26
Figure 7 – Périmètre comparé entre produit neuf et reconditionné dans le cadre d'une approche par substitution (exemple smartphone).....	29
Figure 8 – Gestion de la prise en compte des impacts dans le cadre d'une approche par amortissement.....	31
Figure 9 – Données collectées dans le cadre de la modélisation du processus de reconditionnement	35
Figure 10 – Choix du facteur d'allocations	42
Figure 11 – Créations des variantes de reconditionnement.....	43
Figure 12 – Présentation des éléments variants dans les processus de reconditionnement	56
Figure 13 – Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées.....	57
Figure 14 – Smartphone reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie ..	59
Figure 15 – Smartphone reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement.....	60
Figure 16 – Smartphone reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie.....	61
Figure 17 – Smartphone reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie	62
Figure 18 - Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur le dérèglement climatique	63
Figure 19 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales	64
Figure 20 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles	64
Figure 21 – Smartphone reconditionné - Variations des impacts en fonction de la durée de vie du smartphone reconditionné	67
Figure 22 – Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation (habitant du monde) - Sur l'ensemble du cycle de vie	70
Figure 23 – Smartphone reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie	71
Figure 24 – Comparaison smartphone - Approche par substitution - Résultats.....	74
Figure 25 – Comparaison smartphone - Approche par amortissement – Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie.	75
Figure 26 – Comparaison smartphone - Approche par amortissement – Variation en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement.	76
Figure 27 – Comparaison smartphone de référence - Approche par amortissement - Résultats marché sur 6 ans pour le dérèglement climatique.....	77
Figure 28 – Comparaison tablettes - Approche par substitution - Résultats pour un an	80
Figure 29 – Présentation des éléments variants dans les processus de reconditionnement.....	87
Figure 30 – Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées	88
Figure 31 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie	90
Figure 32 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement	91
Figure 33 – Ordinateur portable reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie.....	92
Figure 34 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur le dérèglement climatique.....	93
Figure 35 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales	94
Figure 36 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles.....	94
Figure 37 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur les radiations ionisantes.....	95
Figure 38 – Ordinateur portable reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie	97

Figure 39 – Ordinateur portable reconditionné - Variations des impacts en fonction de la durée de vie de l'ordinateur portable reconditionné	98
Figure 40 – Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie	102
Figure 41– Ordinateur portable reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie	103
Figure 42 – Comparaison Ordinateur portable - Approche par substitution - Résultats pour 1 an (100% - scénario de reconditionnement de référence)	105
Figure 43 – Comparaison ordinateur portable - Approche par amortissement - Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie.	106
Figure 44 – Comparaison Ordinateur portable - Approche par amortissement - Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement.	107
Figure 45 – Comparaison ordinateur portable de référence - Approche par amortissement - Résultats marché sur 10 ans pour le dérèglement climatique.....	108
Figure 46 – Présentation des éléments variants dans les processus de reconditionnement.....	113
Figure 47- Rappel des périmètres d'analyse et correspondance avec les données collectées.....	114
Figure 48 – Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartition des impacts sur le cycle de vie	116
Figure 49 – Ordinateur fixe reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement.....	117
Figure 50 – Ordinateur fixe reconditionné - Impact du changement de pièces - Vision cycle de vie.....	118
Figure 51 – Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur le dérèglement climatique.....	119
Figure 52– Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques minérales	119
Figure 53 – Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur l'épuisement des ressources abiotiques fossiles.....	120
Figure 54 – Ordinateur fixe reconditionné - Variations des impacts en fonction des sociétés - Impacts sur les radiations ionisantes.....	120
Figure 55 – Ordinateur fixe reconditionné - Impact du lieu de reconditionnement et d'approvisionnement - Vision cycle de vie	122
Figure 56 – Ordinateur fixe - Variations des impacts en fonction de la durée de vie de l'ordinateur fixe reconditionné	123
Figure 57 - Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation sur l'ensemble du cycle de vie	126
Figure 58- Ordinateur fixe reconditionné de référence - Résultats d'impacts après normalisation aux limites planétaires sur l'ensemble du cycle de vie	127
Figure 59 - Comparaison Ordinateur fixe - Approche par substitution - Résultats pour 1 an	129
Figure 60 Comparaison Ordinateur fixe - Approche par amortissement - Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie.	130
Figure 61 – Comparaison Ordinateur fixe - Approche par amortissement - Variation de l'impact environnemental en fonction de la durée de première vie et du type de reconditionnement.	131
Figure 62 - Comparaison ordinateur fixe de référence - Approche par amortissement - Résultats marché sur 10 ans pour le dérèglement climatique.....	132
Figure 63 -Comparaison serveurs - Approche par substitution - Résultats pour un an.....	169
Figure 64 - Comparaison consoles - Approche par substitution - Résultats pour un an.....	172

12. Sigles et acronymes

ACV	Analyse de Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
DEEE	Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques
DMS	Ordinateur fixe Managed Services
EN	Normes du comité Européen de Normalisation
EPEAT	Electronic Product Environmental Assessment Tool
ErP	Energy related Products
ETSI	Energy Related Product
EuP	Energy using Product
EPIC	Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
ES	ETSI Standard
ETI	Entreprise de Taille Intermédiaire
FAI	Fournisseur d'Accès à Internet
GES	Gaz à Effet de Serre
GeSI	Global enabling Sustainability Initiative
GHG	GreenHouse Gas
HDD	Hard Disk Drive
HORDINATEUR	High Performance Computing
HW	Hardware
ICT	Information and Communication Technology
IE	Ingénierie Environnementale
IEC	International Electrotechnical Commission
ILCD	International Reference Life Cycle Data system
iNEMI	International Electronics Manufacturing Initiative
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
ITU	International Telecommunication Union
KPI	Key Performance Indicator
LCA	Life Cycle Analysis
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
MFA	Material Flow Analysis
MIPS	Material Input per Service Unit
PCR	Product Category Rule
PEF	Product Environmental Footprint
PEFCR	Product Environmental Footprint Category Rule
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PRG	Pouvoir Réchauffant Global
PUE	Power Usage Effectiveness
REACH	Registration, Evaluation, Autorisation and Restriction of Chemicals
REF	Renewable Energy Factor
RoHs	Restriction of Hazardous substances in electrical and electronic equipment
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SSD	Solid State Drive
SW	Software
TIA	Telecommunications Industry Association

TIC	Technologie de l'Information et de la Communication
TNS	Telecommunications Network Services
TS	Technical Specification
UF	Unité fonctionnelle

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN ENSEMBLE DE PRODUITS RECONDITIONNÉS

L'ADEME a commandé une étude pour établir les bilans environnementaux d'équipements numériques reconditionnés comparés à leurs équivalents neufs, sur l'ensemble de leurs cycles de vies.

Celle-ci montre que faire l'acquisition d'un équipement reconditionné plutôt que d'un neuf permet d'éviter (hors radiations ionisantes) :

- Smartphones : 87 à 64% d'impact annuel
- Tablette : 46 à 80% d'impact annuel
- Ordinateur portable : 43 à 97% d'impact annuel
- Ordinateur fixe : 36 à 99% d'impact annuel

Au sein de la filière on observe des variations d'impacts significatives allant d'un facteur 2 à 11, du fait de pratiques variées concernant :

- la prolongation de la durée de vie
- L'ajout d'accessoires neufs
- Le changement de pièces systématisé ou non
- L'utilisation de pièces de seconde main
- Le volume du packaging et les matériaux le constituant
- Le marché d'approvisionnement (France, Europe, Asie, Émirats Arabes Unis, US)
- Le lieu de reconditionnement

La durée de vie des équipements est un contributeur majeur de leurs impacts. Idéalement, le reconditionnement devrait intervenir à la fin de la première vie de l'équipement (smartphones / tablettes : 3 ans, PC : 4/5 ans), et le second utilisateur devrait conserver celui-ci aussi longtemps que possible.

Afin de maximiser l'évitement d'impact permis par le reconditionné, plusieurs bonnes pratiques à destination des utilisateurs, reconditionneurs, plateformes et législateurs sont proposées dans l'étude.

Le reconditionnement permet d'allonger la durée d'usage des produits et de réduire ainsi les impacts environnementaux. Cette étude évalue et analyse les impacts environnementaux engendrés par le reconditionnement de produits et évalue les gains environnementaux associés à l'utilisation de produits reconditionnés versus produits neufs.