



CIRAIG^{MC}

Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services

RAPPORT FINAL

ANALYSE DU CYCLE DE VIE DE MASQUES À USAGE UNIQUE SELON TROIS SCÉNARIOS DE FIN DE VIE

FÉVRIER 2022

Préparé pour

RECYC-QUÉBEC

À l'attention de M. Jérôme Cliche

Agent de développement industriel

300 Rue Saint-Paul bureau 411

Québec, QC G1K 7R1



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE

Ce rapport a été préparé par le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits procédés et services (CIRAIG).

Fondé en 2001, le CIRAIG a été mis sur pied afin d'offrir aux entreprises et aux gouvernements une expertise universitaire de pointe sur les outils du développement durable. Le CIRAIG est un des plus importants centres d'expertise en cycle de vie sur le plan international. Il collabore avec de nombreux centres de recherche à travers le monde et participe activement à l'Initiative sur le cycle de vie du Programme des Nations Unies sur l'Environnement (PNUE) et de la Société de Toxicologie et de Chimie de l'Environnement (SETAC).

Le CIRAIG a développé une expertise reconnue en matière d'outils du cycle de vie incluant l'analyse environnementale du cycle de vie (ACV) et l'analyse sociale du cycle de vie (ASCV). Complétant cette expertise, ses travaux de recherche portent également sur l'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) et d'autres outils incluant les empreintes carbone et eau. Ses activités comprennent des projets de recherche appliquée touchant plusieurs secteurs d'activités clés dont l'énergie, l'aéronautique, l'agroalimentaire, la gestion des matières résiduelles, les pâtes et papiers, les mines et métaux, les produits chimiques, les télécommunications, le secteur financier, la gestion des infrastructures urbaines, le transport ainsi que de la conception de produits « verts ».

AVERTISSEMENT

Les auteurs sont responsables du choix et de la présentation des résultats. Les opinions exprimées dans ce document sont celles des membres de l'équipe de projet et n'engagent aucunement le CIRAIG, Polytechnique Montréal ou l'ESG-UQÀM.

À l'exception des documents du CIRAIG, comme le présent rapport, toute utilisation du nom du CIRAIG, de Polytechnique Montréal ou de l'ESG-UQÀM lors de communication destinée à une divulgation publique associée à ce rapport doit faire l'objet d'un consentement préalable écrit d'un représentant dûment mandaté du CIRAIG, de Polytechnique Montréal ou de l'ESG-UQÀM.

CIRAIG

Centre international de référence sur le cycle
de vie des produits, procédés et services
Polytechnique Montréal
Département de génie chimique
3333 Chemin Queen-Mary, suite 310
Montréal (Québec) Canada
H3V 1A2

www.ciraig.org

Équipe de travail

Réalisation

Estelle Louineau, M.Ing.

Révision

François Saunier, M.Sc.A.

Support technique

Jean-François Ménard, B.Ing.

Collaboration

Sara Russo-Garrido, M.Phil., M.Sc.

Direction de projet

Réjean Samson, B.Ing., Ph.D.

Revue critique par un comité de parties prenantes

Hugues Imbeault-Tétreault, M.Sc.A.

Présidence du comité de révision

Conseiller aux affaires scientifiques, Groupe AGÉCO

Ben Amor, B. Ing., Ph.D.

Révision externe

Professeur agrégé, LIRIDE - Université de Sherbrooke

Denis Bernier, M.Env.

Révision externe

Directeur de projets, SCEB Inc.

Sommaire

Depuis le début de la pandémie de COVID-19, de nombreux masques à usage unique sont utilisés au Québec et représentent un gisement de matières résiduelles. RECYC-QUÉBEC est donc interpellé par la problématique de leur gestion de fin de vie, et cherche à savoir quelles bonnes pratiques encourager. Plus précisément, RECYC-QUÉBEC souhaite comparer les trois scénarios de fin de vie suivants : enfouissement au Québec, incinération aux États-Unis avec valorisation énergétique, et recyclage au Québec. En effet, l'article 53.4.1 de la [Loi sur la qualité de l'environnement \(LQE\)](#) stipule qu'une exception à la hiérarchie des 3RV-E (réduction à la source et réemploi, recyclage, valorisation, élimination) peut être faite si une analyse du cycle de vie démontre que cela est préférable.

RECYC-QUÉBEC a donc mandaté le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) pour la réalisation de la présente étude. Celle-ci a pour objectif de comparer, pour deux masques à usage unique (procédure et N95), les profils environnementaux complets (du berceau au tombeau) obtenus selon trois scénarios de fin de vie (enfouissement, incinération avec valorisation énergétique, recyclage).

Différents modèles de masques N95 existent (souples ou rigides par exemple). Les modèles de masques étudiés ici sont illustrés ci-dessous.

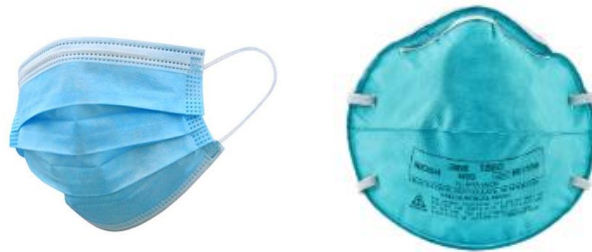


Figure S-1 : Illustration des masques à l'étude.

Ils sont supposés fabriqués en Chine, à partir de matériaux chinois.

Les **unités fonctionnelles** ont été définies comme suit :

- 1. « Protéger une personne pendant 4h à l'aide d'un masque de procédure au Québec en 2021 et traiter le masque usagé après utilisation »**
- 2. « Protéger une personne pendant 8h à l'aide d'un masque N95 au Québec en 2021 et traiter le masque usagé après utilisation »**

D'après les [recommandations du gouvernement du Québec sur le port des masques](#) de procédure et N95, ceux-ci doivent être changés respectivement toutes les 4h et toutes les 8h. Les deux unités fonctionnelles correspondent donc respectivement à un masque de procédure et un masque N95.

Toutes les étapes du cycle de vie du masque, de sa fabrication à sa fin de vie, sont prises en compte.

L'inventaire du cycle de vie a été établi à l'aide de données primaires spécifiques au sujet à l'étude, collectées auprès de différentes parties prenantes (entreprises de collecte de masque en fin de vie par exemple), puis complété avec des données génériques issues de la littérature ou de la base de données d'inventaire du cycle de vie *ecoinvent*.

Dans cette étude, les coproduits générés en fin de vie lors de la valorisation des masques jouent un rôle central, que ce soit de l'énergie lors de l'incinération ou des matières secondaires lors du recyclage. La méthode d'allocation choisie pour gérer cette multifonctionnalité est l'extension des frontières (comptabilisation des impacts de la valorisation en fin de vie et attribution d'un crédit pour la production de matière vierge/énergie évitée). Une analyse de sensibilité utilisant la méthode de la règle de coupure (cut-off) a cependant été réalisée et illustre la sensibilité de ce choix. Une évaluation conséquentielle ne fait pas partie du mandat.

L'évaluation se concentre sur cinq indicateurs d'impacts environnementaux, issus de la méthode IMPACT World+ : *Changement climatique*, *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire*, *Utilisation de ressources minérales*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*. Il est à noter que l'indicateur *Changement climatique* est présenté séparément afin que les informations relatives à l'empreinte carbone soient mises en évidence. Cependant, les enjeux du changement climatique sont déjà inclus dans les deux indicateurs de niveau dommage *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*.

Pour tous les indicateurs, tous les scénarios, et les deux masques à l'étude, le plus grand contributeur aux résultats d'indicateurs (hors crédit) obtenus est la production des matériaux en Chine (50 % à 77 %). La production des emballages (en Chine également) représente quant à elle 6 % à 15 % des résultats hors crédit obtenus. Dans le scénario d'enfouissement, le traitement de fin de vie du masque représente moins de 1 % des résultats hors crédit. Dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique le traitement de fin de vie représente 11 % à 20 % des résultats hors crédit pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*, et moins de 5 % des résultats hors crédit pour les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales*. Dans le scénario de recyclage, le traitement de fin de vie du masque représente 3 % à 11 % des résultats hors crédit. Dans le cas du masque N95 uniquement (du fait de la consommation énergétique plus élevée que pour le masque de procédure), la fabrication du masque en Chine représente 7 % à 22 % des résultats d'indicateurs. Toutes les autres contributions (transport des matériaux et emballages, distribution du masque, transport du masque vers le traitement de fin de vie et traitement de fin de vie de l'emballage) sont inférieures à 10 %.

Pour tous les indicateurs et les deux masques à l'étude, le crédit attribué au recyclage est 5 à 22 fois plus élevé que celui attribué à la valorisation énergétique du scénario d'incinération. Pour tous les indicateurs, le crédit représente 2 % à 9 % des résultats hors crédit dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique et 29 % à 48 % des résultats hors crédit dans le scénario de recyclage.

La comparaison générale des scénarios pour chacun des deux masques est illustrée dans le Tableau S-1.

Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Note : Lorsque les résultats d'indicateurs environnementaux sont plus élevés cela signifie que les impacts potentiels sont plus importants, donc que le scénario est moins souhaitable du point de vue de l'environnement.

Tableau S-1 : Comparaison des résultats normalisés pour les masques de procédure et N95 selon les trois scénarios de fin de vie.

Indicateur	Scénario	Masque de procédure		Masque N95	
		Résultat normalisé, sans le crédit de valorisation du masque	Résultat total normalisé	Résultat normalisé, sans le crédit de valorisation du masque	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	80 %	82 %	85 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	84 %	56 %	88 %	63 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	96 %	100 %	97 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	98 %	92 %	98 %	94 %
	Recyclage	100 %	53 %	100 %	62 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	87 %	98 %	95 %	99 %
	Incinération avec valorisation énergétique	94 %	100 %	97 %	100 %
	Recyclage	100 %	75 %	100 %	65 %
Santé humaine	Enfouissement	84 %	86 %	89 %	90 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	88 %	58 %	92 %	63 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	80 %	82 %	85 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	86 %	58 %	90 %	64 %

Deux tendances distinctes ressortent et permettent d'analyser les résultats d'indicateurs en deux groupes.

Pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* (en notant que les enjeux du changement climatique sont inclus dans les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*), le scénario d'incinération avec valorisation énergétique obtient des résultats 10 % à 18 % plus élevés que les scénarios d'enfouissement et de recyclage. Pour ces trois mêmes indicateurs, le scénario de recyclage obtient des résultats 29 % à 33 % plus faibles que ceux du scénario d'enfouissement, et 42 % à 44 % plus faibles que ceux du scénario d'incinération.

Pour les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales*, les scénarios d'enfouissement et d'incinération avec valorisation énergétique sont peu différenciés (moins de 10 % de différence). Pour ces deux indicateurs, le scénario de recyclage obtient des résultats 23 % à 47 % plus faibles que ceux du scénario d'enfouissement, et 25 % à 43 % plus faibles que ceux du scénario d'incinération.

Ces conclusions restent valides lorsque la méthode d'évaluation des impacts change (ReCiPe), lorsque les quantités de matériaux varient (+/- 20 %), dans le cas d'une incinération à Québec¹,

¹ Ce scénario n'a fait l'objet que d'une analyse de sensibilité. Une analyse du cycle de vie complète intégrant des données primaires serait requise afin de fournir des résultats précis et plus robustes.

et lorsque l'électricité évitée dans le scénario d'incinération est modifiée (gaz naturel ou hydroélectricité).

L'incinération des masques de procédure et N95 en fin de vie est donc déconseillée d'un point de vue environnemental.

Le cycle de vie d'un masque de procédure recyclé en fin de vie présente des résultats d'indicateurs environnementaux 23 % à 47 % (selon l'indicateur) plus faibles que ceux d'un masque de procédure enfoui. Le cycle de vie d'un masque N95 recyclé en fin de vie présente des résultats d'indicateurs environnementaux 26 % à 38 % (selon l'indicateur) plus faibles que ceux d'un masque enfoui. **Le recyclage des masques de procédure et N95 en fin de vie est donc recommandé d'un point de vue environnemental.** Cependant, il est à noter que ces résultats sont principalement dus aux crédits attribués pour la production de matière vierge évitée par le recyclage. Lorsque la méthode d'allocation du recyclage passe de l'extension des frontières (crédit) à la règle de coupure (cut-off) les résultats obtenus par les scénarios d'enfouissement et de recyclage deviennent très peu différenciés ($\leq 5\%$) pour l'ensemble des indicateurs étudiés.

Les résultats obtenus pour le recyclage supposent que toutes les composantes des masques (élastiques, ...) sont recyclées et utilisées par un acheteur en remplacement de matière vierge. Si seules les parties centrales (i.e. polypropylène pour le masque de procédure et polypropylène et polyester pour le masque N95) sont recyclées, l'avantage du scénario de recyclage est réduit à 8 %-32 % pour le masque de procédure et à 6 %-21 % pour le masque N95. Certaines mesures comme la simplification de la composition des masques (moins de matériaux par masque) pourraient être mises en place afin d'assurer un taux de recyclage élevé. **Il est donc recommandé de consulter les acteurs du secteur car certaines mesures (uniformisation et simplification de la composition des masques par exemple) pourraient permettre d'augmenter le taux de recyclage des masques.** Par exemple, dans le cas du masque de procédure, le cycle de vie d'un masque entièrement composé de polypropylène obtient des résultats potentiels 14 % à 34 % plus faibles que ceux du masque étudié dans le cas de base, et pourrait permettre d'augmenter le taux de recyclage et son efficacité (pas de séparation des matières requise).

Enfin, les résultats obtenus mettent en évidence que le traitement de fin de vie du masque représente moins de 1 % des résultats du scénario d'enfouissement, 1 %-20 % des résultats hors crédit du scénario d'incinération avec valorisation énergétique et 3 %-11 % des résultats hors crédit du scénario de recyclage. Les autres étapes du cycle de vie des masques sont donc aussi des facteurs primordiaux vis-à-vis de l'empreinte environnementale des masques. En particulier, la production des matériaux contenus dans les masques représente 50 %-80 % des résultats d'indicateurs obtenus pour les deux masques dans les trois scénarios. **Une réflexion sur les autres étapes du cycle de vie et sur des masques réutilisables est donc également recommandée.**

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE TRAVAIL	1
SOMMAIRE	2
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES	11
1 MISE EN CONTEXTE	12
2 MODÈLE D'ÉTUDE ACV	13
2.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE ET APPLICATION ENVISAGÉE	13
2.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES PRODUITS À L'ÉTUDE	13
2.3 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES SCÉNARIOS DE FIN DE VIE À L'ÉTUDE.....	15
2.4 FONCTION ET UNITÉ FONCTIONNELLE	16
2.5 TRAITEMENT DES FONCTIONS SECONDAIRES ET RÈGLES D'IMPUTATION	17
2.6 FRONTIÈRES GÉOGRAPHIQUES ET TEMPORELLES	18
2.7 PROCESSUS DE COLLECTE DE DONNÉES	19
2.8 DESCRIPTION DES SYSTÈMES ET SCÉNARIOS MODÉLISÉS	19
2.9 DONNEES ET HYPOTHESES PRINCIPALES UTILISEES	23
2.10 ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU CYCLE DE VIE (ÉICV)	27
2.11 INTERPRÉTATION.....	29
2.11.1 <i>Analyse de l'inventaire</i>	30
2.11.2 <i>Évaluation de la qualité des données d'inventaire</i>	30
2.11.3 <i>Analyse de cohérence et de complétude</i>	30
2.11.4 <i>Analyses de sensibilité</i>	30
2.11.5 <i>Analyse d'incertitude</i>	31
2.12 REVUE CRITIQUE	32
3 RÉSULTATS ET DISCUSSION	33
3.1 PROFIL ENVIRONNEMENTAL DU CYCLE DE VIE DU MASQUE DE PROCÉDURE	33
3.1.1 <i>Comparaison des résultats sur l'ensemble des indicateurs</i>	33
3.1.2 <i>Analyse des contributions des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs</i>	35
3.1.3 <i>Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage</i>	40
3.2 PROFIL ENVIRONNEMENTAL DU CYCLE DE VIE DU MASQUE N95.....	42
3.2.1 <i>Comparaison des résultats sur l'ensemble des indicateurs</i>	42
3.2.2 <i>Analyse des contributions des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs</i>	44

3.2.3	<i>Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage</i>	49
3.3	QUALITE DES DONNEES DE L'INVENTAIRE	51
3.4	ANALYSES DE SENSIBILITÉ	52
3.4.1	<i>Analyse de sensibilité sur le choix des indicateurs environnementaux (inclusion de l'indicateur Écotoxicité de l'eau douce, long terme)</i>	52
3.4.2	<i>Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux</i> 54	
3.4.3	<i>Analyse de sensibilité sur la méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie</i>	56
3.4.4	<i>Analyse de sensibilité sur les quantités de matériaux</i>	58
3.4.5	<i>Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés</i>	58
3.4.6	<i>Analyse de sensibilité sur le cas d'une incinération à Québec</i>	61
3.4.7	<i>Analyse de sensibilité sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux</i>	62
3.4.8	<i>Analyse de sensibilité sur l'électricité évitée dans le scénario d'incinération</i>	64
3.4.9	<i>Analyse de sensibilité sur le lieu de fabrication du masque N95</i>	67
3.4.10	<i>Conclusions générales sur les analyses de sensibilité</i>	69
3.5	ANALYSE D'INCERTITUDE	69
3.6	APPLICATIONS ET LIMITATIONS DE L'ÉTUDE.....	71
3.7	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	72
4	CONCLUSIONS	74
5	RÉFÉRENCES	75
	ANNEXE A – MÉTHODOLOGIE ACV	77
	ANNEXE B – DESCRIPTION DE LA MÉTHODE IMPACT WORLD+	78
	ANNEXE C – INVENTAIRE	79
	ANNEXE D – QUALITÉ DES DONNÉES	80
	ANNEXE E – RÉSULTATS	81
	RAPPORT DE REVUE CRITIQUE	82

Liste des tableaux

Tableau S-1 : Comparaison des résultats normalisés pour les masques de procédure et N95 selon les trois scénarios de fin de vie.....	4
Tableau 2-1 : Activités incluses et exclues de la modélisation.....	21
Tableau 2-2 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque de procédure.....	23
Tableau 2-3 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque N95.....	25
Tableau 2-4 : Membres du comité de revue critique.....	32
Tableau 3-1 : Résultats normalisés pour le masque de procédure.....	34
Tableau 3-2 : Résultats normalisés pour le masque N95.....	43
Tableau 3-3 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour le masque de procédure.....	55
Tableau 3-4 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour le masque N95.....	55
Tableau 3-5 : Analyse de sensibilité sur la méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie (résultats totaux normalisés).....	57
Tableau 3-6 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque de procédure.....	59
Tableau 3-7 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque N95.....	60
Tableau 3-8 : Analyse de sensibilité sur le cas d'une incinération à Québec pour le masque de procédure.....	62
Tableau 3-9 : Analyse de sensibilité sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux pour le masque de procédure.....	63
Tableau 3-10 : Analyse de sensibilité sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux pour le masque N95.....	64
Tableau 3-11 : Analyse de sensibilité sur l'électricité évitée dans le scénario d'incinération, pour le masque de procédure.....	65
Tableau 3-12 : Analyse de sensibilité sur l'électricité évitée dans le scénario d'incinération, pour le masque N95.....	66
Tableau 3-13 : Résultats totaux normalisés pour le masque N95, selon le lieu de fabrication du masque.....	68

Tableau 3-14 : Récapitulatif des analyses de Monte Carlo pour le masque de procédure.	69
Tableau 3-15 : Récapitulatif des analyses de Monte Carlo pour le masque N95.....	70

Liste des figures

Figure S-1 : Illustration des masques à l'étude.	2
Figure 2-1 : Illustration de la machine de production du masque de procédure (TESTEX, 2021).14	
Figure 2-2 : Illustration des matériaux requis pour le masque de procédure (TESTEX, 2021).....	14
Figure 2-3 : Illustration des emballages du masque de procédure.	14
Figure 2-4 : Allocation du recyclage par l'approche d'extension des frontières.....	17
Figure 2-5 : Frontières des systèmes à l'étude.....	20
Figure 2-6 : Illustration de la méthode IMPACT World+.	28
Figure 3-1 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur <i>Changement climatique</i>	36
Figure 3-2 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur <i>Utilisation d'énergie fossile et nucléaire</i>	36
Figure 3-3 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur <i>Utilisation de ressources minérales</i>	37
Figure 3-4 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur <i>Santé humaine</i>	37
Figure 3-5 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i>	38
Figure 3-6 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque de procédure.	41
Figure 3-7 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque de procédure.	41
Figure 3-8 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur <i>Changement climatique</i>	44
Figure 3-9 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur <i>Utilisation d'énergie fossile et nucléaire</i>	45

Figure 3-10 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur <i>Utilisation de ressources minérales</i>	45
Figure 3-11 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur <i>Santé humaine</i>	46
Figure 3-12 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i>	46
Figure 3-13 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque N95.	49
Figure 3-14 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque N95.	50
Figure 3-15 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> en incluant l'indicateur <i>Écotoxicité de l'eau douce, long terme</i> pour le masque de procédure.	53

Liste des abréviations et sigles

ACV	Analyse du cycle de vie
CAG	Centre d'acquisitions gouvernementales
CIRAIG	Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services
CO ₂	Dioxyde de carbone
DALY	« Disabled Adjusted Life Years »
ÉICV	Évaluation des impacts du cycle de vie (appelé ACVI par ISO)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC en anglais)
GES	Gaz à effet de serre
ICV	Inventaire du cycle de vie
ISO	Organisation internationale de normalisation
kg éq. CO ₂	Kilogramme d'équivalent dioxyde de carbone
MJ	Mégajoule
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
PDF.m ² .an	« Potentially Disappeared Fraction of species » sur une certaine surface et sur une durée donnée
PRG	Potentiel de réchauffement global (GWP en anglais)

1 Mise en contexte

Depuis le début de la pandémie de COVID-19, de nombreux masques à usage unique sont utilisés au Québec et représentent un gisement de matières résiduelles. RECYC-QUÉBEC est donc interpellé par la problématique de leur gestion de fin de vie, et cherche à savoir quelles bonnes pratiques encourager. Plus précisément, RECYC-QUÉBEC souhaite comparer les trois scénarios de fin de vie suivants : enfouissement au Québec, incinération aux États-Unis avec valorisation énergétique, et recyclage au Québec. En effet, l'article 53.4.1 de la [Loi sur la qualité de l'environnement \(LQE\)](#) stipule qu'une exception à la hiérarchie des 3RV-E (réduction à la source et réemploi, recyclage, valorisation, élimination) peut être faite si une analyse du cycle de vie démontre que cela est préférable.

Une grande partie des masques est actuellement enfouie, mais plusieurs [initiatives de récupération](#) et de recyclage ont commencé à voir le jour (RECYC-QUÉBEC, 2021b). D'après les récupérateurs et recycleurs de masques interrogés dans le cadre du projet, les masques N95 présentent cependant des enjeux de recyclage du fait de leur composition (plusieurs matériaux différents combinés) et de la variabilité de cette composition d'un masque à l'autre. Le recyclage est donc actuellement en place principalement pour les masques de procédure, car leur partie filtrante est toujours uniquement composée de polypropylène (i.e. l'enjeu de composition se pose uniquement sur la barre nasale et les élastiques), mais certains acteurs du secteur affirment être en mesure de recycler les masques N95 également. D'après ces mêmes acteurs, toutes les matières composant les masques peuvent être recyclées séparément, et il existe des acheteurs pour chacune d'entre elles.

Certaines organisations font également le choix d'envoyer leurs masques à l'incinérateur de [Covanta](#) afin de les valoriser énergétiquement (production d'électricité), et se questionnent sur l'impact du transport associé puisque l'usine se situe aux États-Unis (RECYC-QUÉBEC, 2021b).

Cette étude s'intéresse ainsi au masque de procédure et au masque N95, et aux trois scénarios de fin de vie que sont l'enfouissement, l'incinération avec valorisation énergétique aux États-Unis et le recyclage. Ce choix de cadrage est fait car ce sont les deux masques et les trois traitements identifiés comme étant les plus utilisés et probables actuellement d'après les informations dont dispose RECYC-QUÉBEC.

Ce rapport présente l'évaluation du profil environnemental (du berceau au tombeau) de chacun des deux masques (procédure et N95) selon les trois scénarios de fin de vie (enfouissement, incinération avec valorisation énergétique et recyclage), et l'analyse des contributions aux résultats obtenus (voir sections 3.1 et 3.2). Diverses analyses de sensibilité sont aussi effectuées à la section 3.4, entre autres sur le cas d'une incinération à Québec avec valorisation énergétique et sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matières.

2 Modèle d'étude ACV

Ce chapitre présente les objectifs et le cadre méthodologique auquel doivent se conformer les sections subséquentes de l'analyse du cycle de vie (ACV).

2.1 Objectif de l'étude et application envisagée

Cette étude réalise une analyse du cycle de vie (ACV) afin de comparer, pour chacun des deux masques (procédure et N95), les profils environnementaux complets (du berceau au tombeau) obtenus selon le scénario de fin de vie (enfouissement, incinération avec valorisation énergétique, recyclage). Le but n'est donc pas de comparer les masques entre eux, puisqu'ils ne sont bien souvent pas utilisés dans les mêmes contextes, mais bien de comparer, pour chaque masque, différents scénarios de fin de vie et d'évaluer la contribution de cette étape sur l'ensemble du cycle de vie du masque.

Les résultats de cette étude serviront à une affirmation comparative destinée à être divulguée publiquement. Ils serviront à améliorer la compréhension de l'empreinte environnementale des masques à usage unique, à identifier les points chauds et enjeux potentiels liés à leur cycle de vie (en particulier en fin de vie), et à identifier d'éventuelles possibilités d'amélioration. Ils s'adressent à la fois au grand public (à titre informatif) et aux différents milieux de travail ayant à faire des choix vis-à-vis de la fin de vie de ces masques.

2.2 Description générale des produits à l'étude

Le masque de procédure est composé de trois éléments : une partie filtrante, une barre nasale et des boucles auriculaires. La composition de la partie filtrante est très uniforme d'un modèle à l'autre : il s'agit de trois couches de polypropylène. La barre nasale est généralement soit en aluminium soit en fer. D'après les informations collectées pour cette étude, les barres en fer ont surtout été produites au début de la pandémie, et l'option la plus courante (à la fois dans les approvisionnements gouvernementaux et chez les récupérateurs de masques) est actuellement la barre en aluminium. Les boucles auriculaires peuvent également être faites de différents matériaux, mais sont le plus souvent en polyester.



Le masque de procédure étudié contient ainsi trois couches de polypropylène, une barre nasale en aluminium, et des boucles auriculaires en polyester. Une analyse de sensibilité sur les matériaux composant le masque est néanmoins réalisée à la section 3.4.5 pour tester l'influence de ce choix sur les conclusions de l'étude.

La fabrication des masques de procédure se fait à l'aide d'une machine réalisant toutes les étapes en série (voir illustration à la page suivante).

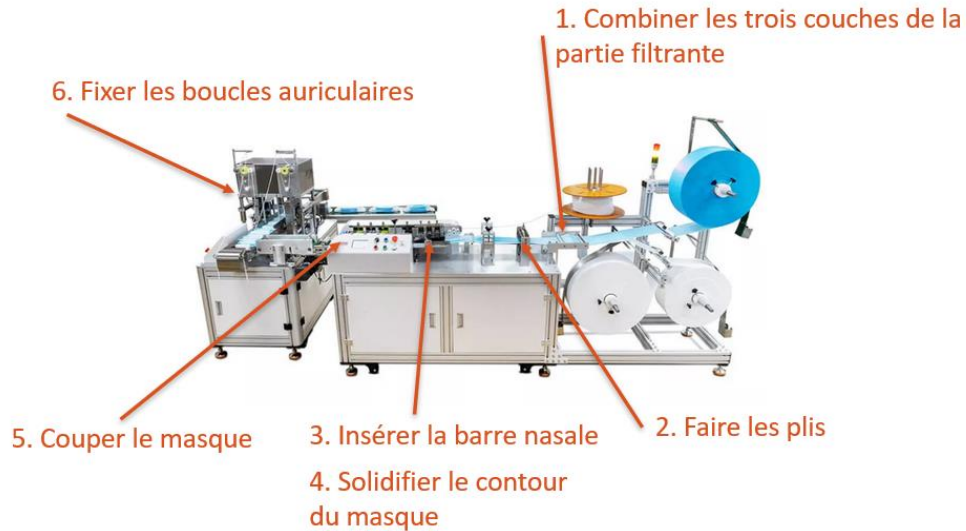


Figure 2-1 : Illustration de la machine de production du masque de procédure (TESTEX, 2021).

Cette machine prend en entrée différents matériaux se présentant sous la forme de rouleaux (voir illustrations ci-dessous).



Figure 2-2 : Illustration des matériaux requis pour le masque de procédure (TESTEX, 2021).

Une fois fabriqués, les masques de procédure sont emballés dans trois items superposés : d'un carton ondulé, contenant plusieurs boîtes en carton fin, contenant chacune les masques emballés dans un film plastique (voir images ci-dessous).



Figure 2-3 : Illustration des emballages du masque de procédure.

Dans le cas du masque N95, il existe sur le marché plusieurs types de masques très différents. Ils peuvent par exemple être souples (par exemple en « bec de canard ») ou rigides (i.e. avec une coque). Cette étude se concentre sur le modèle le plus courant (dans les approvisionnements gouvernementaux du Québec), c'est-à-dire un masque rigide. Il est composé d'une partie filtrante, d'une barre nasale, d'un support nasal (barre de mousse sous la coque), d'élastiques et d'agrafes. D'après la documentation technique de ce modèle, la partie filtrante est composée de plusieurs couches de polypropylène et d'une couche de polyester. La barre nasale est en aluminium tandis que le support nasal est en polyuréthane. Les élastiques sont en polyisoprène (caoutchouc synthétique) et les agrafes en acier. Une analyse de sensibilité sur les matériaux composant le masque est néanmoins réalisée à la section 3.4.5 pour tester l'influence de ce choix sur les conclusions de l'étude.



La fabrication du masque N95 se fait également à l'aide d'une machine unique réalisant toutes les opérations en série. Cependant, la taille de cette machine est plus grande car la fabrication d'un masque N95 requiert plus d'étapes. Sa consommation énergétique est également plus élevée, entre autres du fait du procédé de thermoformage utilisé pour la coque.

Il a été supposé que le masque N95 était emballé de la même façon que le masque de procédure, et les tailles d'emballage ont été ajustées pour tenir compte de la différence de volume entre le masque de procédure et le masque N95.

La très grande majorité des masques de procédure et des masques N95 provient actuellement de Chine. Cette étude considère donc que la production des matériaux et la fabrication des masques ont lieu en Chine.

2.3 Description générale des scénarios de fin de vie à l'étude

Tel que mentionné dans les objectifs de l'étude, trois scénarios de fin de vie sont considérés : enfouissement, incinération avec valorisation énergétique et recyclage.

Dans le scénario d'enfouissement, les masques sont jetés à la poubelle sans être triés. Ils sont ensuite transportés par camion jusqu'à un site d'enfouissement au Québec, et enfouis. Puisque les masques ne contiennent pas de matière organique, leur enfouissement ne va pas (ou très peu) générer d'émissions gazeuses ni liquides².

Dans les scénarios d'incinération avec valorisation énergétique et de recyclage, une entreprise de collecte intervient. Elle se charge de fournir une boîte de collecte en carton (faite au Québec à partir de matière 100 % recyclée d'après les récupérateurs de masques contactés dans le cadre du projet), de transporter la boîte vide jusqu'à l'utilisateur (une école par exemple), de venir chercher la boîte pleine, puis de préparer l'envoi des matières à l'incinération ou au recyclage. La boîte de collecte est recyclée en fin de vie.

Dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique, après leur collecte les masques sont transportés jusqu'au [Nord-Est des États-Unis](#), puis incinérés. D'après les informations détenues par RECYC-QUÉBEC et les contributeurs à la collecte des données, c'est le choix que

² Source : Base de données *ecoinvent*. Exemple : le dataset « Waste polypropylene {CH} | treatment of, sanitary landfill | Cut-off, U » mentionne que la dégradabilité du polypropylène sur 100 ans est évaluée à 1%.

font actuellement certaines organisations québécoises souhaitant réduire leur empreinte environnementale. Cette incinération permet de produire de la vapeur, elle-même utilisée pour produire de l'électricité à l'aide d'une turbine. L'incinération des différents matériaux des masques, et en particulier des matières plastiques, génère des émissions, entre autres de gaz à effet de serre.

Note : Une analyse de sensibilité sur le cas d'une incinération à Québec est également réalisée à la section 3.4.6.

Note : Un très faible pourcentage des masques se trouvant actuellement sur le marché contient du téflon, ce qui rend leur incinération impossible, car elle émettrait des substances cancérigènes.

Dans le scénario de recyclage, les différentes matières constituant les masques sont séparées et broyées, puis les ballots de matière sont envoyés à des recycleurs. Les procédés de recyclage nécessitent des infrastructures, de l'énergie, certains agents chimiques, etc. mais permettent d'éviter que de la matière vierge soit utilisée par l'acheteur de la matière recyclée. Il est à noter que le recyclage des masques de procédure est relativement en place actuellement mais que celui des masques N95 en est à un stade de développement moins avancé. Le scénario de recyclage des masques N95 anticipe donc légèrement les pratiques actuelles, en particulier car le cas de base étudié suppose que tous les matériaux constituant les masques (élastiques, ...) sont recyclés séparément et qu'il existe des acheteurs pour toutes les matières recyclées (ce qui serait le cas d'après les entreprises de collecte de masque contactées). Un cas où seuls les matériaux principaux seraient recyclés est tout de même évalué en analyse de sensibilité à la section 3.4.7.

2.4 Fonction et unité fonctionnelle

Afin de pallier les différences de caractéristiques de performance des systèmes étudiés, une ACV réalise la comparaison sur la base de la ou les fonctions remplies par ces systèmes.

Dans le cas présent, les systèmes étudiés sont des masques à usage unique. Ils remplissent donc la **fonction** « Protéger une personne à l'aide d'un masque à usage unique ».

L'**unité fonctionnelle**, à laquelle se rapportent les calculs de l'inventaire et l'évaluation des impacts du cycle de vie, vient ensuite quantifier cette fonction et la placer dans son contexte géographique et temporel. Dans le cas de cette étude, les deux masques à usage unique offrent des niveaux de protection différents. Ils ne peuvent donc pas être comparés sans soulever des problèmes d'équivalence fonctionnelle. Deux unités fonctionnelles ont donc été définies, une pour chacun des masques étudiés. Elles sont les suivantes :

3. « Protéger une personne pendant 4h à l'aide d'un masque de procédure au Québec en 2021 et traiter le masque usagé après utilisation »

4. « Protéger une personne pendant 8h à l'aide d'un masque N95 au Québec en 2021 et traiter le masque usagé après utilisation »

D'après les [recommandations du gouvernement du Québec sur le port des masques](#) de procédure et N95, ceux-ci doivent être changés respectivement toutes les 4h et toutes les 8h. La première unité fonctionnelle correspond donc au cycle de vie d'un masque de procédure, et la seconde au cycle de vie d'un masque N95.

2.5 Traitement des fonctions secondaires et règles d'imputation

La présence de processus multifonctionnels dans un système doit être traitée avec précaution puisque ceux-ci affectent la performance fonctionnelle globale du système et l'équivalence fonctionnelle des systèmes comparés.

Lorsqu'un processus est multifonctionnel (par exemple, il participe au recyclage de matières résiduelles menant à la mise sur le marché de matières secondaires), il est nécessaire de répartir ses entrants et sortants entre ses différentes fonctions. Il s'agit en quelque sorte d'attribuer à chaque fonction sa part de responsabilité quant aux entrants et sortants du processus.

Dans la présente étude, les principaux processus multifonctionnels sont reliés à la fin de vie des masques. Ces questions sont donc centrales dans cette étude puisque deux des trois scénarios étudiés présentent une fin de vie multifonctionnelle, liée à la valorisation des masques (production de matière secondaire dans le cas du recyclage, et d'électricité dans le cas de l'incinération).

La prise en compte de la multifonctionnalité en amont (contenu en matière recyclée des masques) et en aval (recyclage ou valorisation énergétique en fin de vie) d'un système de produit peut s'effectuer de plusieurs façons. Deux principales méthodes sont utilisées : l'extension des frontières et la règle de coupure (aussi appelée approche *cut-off*).

La première (extension des frontières) adresse la multifonctionnalité en aval et consiste à soustraire du système de produit la fonction de production de matière recyclée ou d'énergie en allouant un crédit d'impacts correspondant à la matière vierge et/ou l'énergie évitées. Selon cette approche, le contenu recyclé est ignoré lorsque le produit contient de la matière recyclée afin d'éviter le double-comptage. Elle favorise donc les produits recyclés en fin de vie. L'approche par extension des frontières est illustrée ci-dessous.

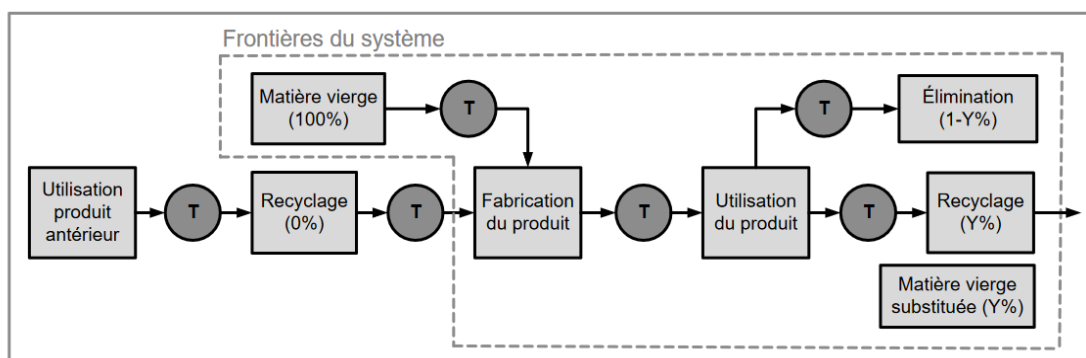


Figure 2-4 : Allocation du recyclage par l'approche d'extension des frontières.

La deuxième approche (règle de coupure) traite la question de la manière suivante :

- Les impacts associés à l'extraction de matière vierge sont entièrement attribués au produit en faisant l'utilisation ;
- Les impacts associés à la collecte de la matière recyclable et au processus de recyclage sont attribués au produit qui utilise la matière recyclée ;

- Aucun crédit n'est attribué à un produit recyclé en fin de vie pour la réduction éventuelle de consommation de matière vierge lors du second cycle de vie de la matière recyclée.

Cette approche favorise les produits ayant un grand pourcentage de contenu recyclé, mais peu le recyclage en fin de vie.

Dans cette étude, les multifonctionnalités d'avant-plan, c'est-à-dire relatives à la fin de vie des masques et de leurs emballages, sont traitées par une approche d'extension des frontières. Ce choix est fait afin d'en illustrer les implications (activités réalisées et activités évitées), ce qu'une approche par règle de coupure (aussi appelée approche *cut-off*) n'aurait pas permis puisque les activités multifonctionnelles comme le recyclage des masques n'auraient pas été comptabilisées dans leur cycle de vie.

Une analyse de sensibilité sur ce choix de prise en compte de la multifonctionnalité est également réalisée à la section 3.4.3 afin d'illustrer la variabilité des résultats induite par un changement d'approche.

Pour les processus d'arrière-plan, le traitement par défaut des aspects de multifonctionnalité présents dans la base de données d'inventaire du cycle de vie [ecoinvent](#) a été conservé.

Une évaluation conséquentielle ne fait pas partie du mandat.

2.6 Frontières géographiques et temporelles

Conformément aux unités fonctionnelles sélectionnées, la présente étude constitue une ACV représentative du contexte québécois pour l'utilisation des masques. Ce contexte implique que pour l'approvisionnement en masques, le contexte géographique pour la production des matériaux et leur fabrication est la Chine, puisque la majorité des masques actuellement utilisés au Québec provient de Chine. En fin de vie, ce contexte implique que l'enfouissement et le recyclage soient réalisés au Québec, et que l'incinération avec valorisation énergétique soit réalisée aux États-Unis.

Le Québec étant une province très étendue, une hypothèse d'utilisation des masques dans les deux zones urbaines les plus peuplées du Québec (communautés métropolitaines de Montréal et de Québec) est considérée. Ce choix affecte principalement les distances de transport considérées lors de l'approvisionnement en masques et lors de leur récupération en fin de vie.

Concernant le contexte d'utilisation, l'étude se concentre particulièrement sur le cas des approvisionnements gouvernementaux (par opposition à des achats de particuliers). Cela influe sur le transport modélisé entre la fabrication du masque et son utilisateur, puisque dans le cas des approvisionnements gouvernementaux les masques ne passent pas par un détaillant.

L'année de référence utilisée est 2021, signifiant que les traitements de fin de vie étudiés sont ceux disponibles pendant cette année. Il est possible que les traitements de fin de vie viennent à changer à la fin de la pandémie de COVID-19, en particulier en ce qui concerne les opportunités et méthodes de recyclage. Il est à noter que les données utilisées pour modéliser ces traitements sont tirées de la base de données *ecoinvent* et correspondent donc à des technologies plus anciennes. Davantage d'informations sur la représentativité temporelle et la qualité des données en général sont disponibles à l'annexe D.

Par ailleurs, il est à noter que tous les processus nécessaires à la réalisation des unités fonctionnelles sont compris dans les frontières des systèmes, peu importe où et quand ils se déroulent. Par exemple, les processus associés à l'approvisionnement en matières premières, ainsi qu'à la gestion des rejets générés sont inclus qu'ils aient lieu au Québec ou ailleurs dans le monde. De plus, certains processus peuvent générer des émissions sur une plus longue période que l'année de référence et l'ensemble de ces émissions sont incluses dans la modélisation.

Davantage de détails sur les localisations des activités intervenant dans le cycle de vie des masques sont fournis au Tableau 2-1.

2.7 Processus de collecte de données

Les données requises à l'ACV concernent les matières premières utilisées, l'énergie consommée ainsi que les rejets, incluant les émissions directes à l'environnement, générés à chaque étape du cycle de vie.

Cette étude a été réalisée de manière à privilégier les **données primaires**, représentant les processus spécifiques impliqués, disponibles et facilement accessibles. Pour que le CIRAIG puisse collecter ces données, RECYC-QUÉBEC a fourni une dizaine de contacts d'institutions gouvernementales et privées (acheteurs, fabricants et gestionnaires de fin de vie des masques). La collecte a été réalisée par le CIRAIG, séparément avec chaque contributeur à la collecte, au moyen d'échanges courriels, d'entrevues téléphoniques, et de fichiers Excel de collecte de données.

Une revue de la littérature scientifique a également été réalisée. Cependant, peu d'études sur les masques existent déjà, et parmi les études existantes certaines s'intéressent à des scénarios non pertinents, peu modélisent le masque N95, et une seule d'entre elles (Lee et al., 2020) fournit des données d'inventaire.

Les données manquantes, incomplètes ou non facilement accessibles ont quant à elles été complétées par des **données secondaires**, c'est-à-dire issues de la base de données d'inventaire du cycle de vie *ecoinvent*, de la base de données interne du CIRAIG, de bases de données publiques, d'une revue de littérature et de l'avis d'experts.

La modélisation des processus a été réalisée au moyen de données secondaires tirées de la base de données d'inventaire du cycle de vie *ecoinvent* version 3.6, approche *cut-off*. Cette base de données est particulièrement reconnue par la communauté scientifique internationale, car elle surpasse de loin les autres bases de données commerciales tant du point de vue quantitatif (nombre de processus inclus) que qualitatif (qualité des procédés de validation, complétude des données, etc.).

Mentionnons aussi que toutes les données utilisées ont été :

- 1) Évaluées quant à leur représentativité temporelle, géographique et technologique ;
- 2) Collectées de manière à être les moins agrégées possible ;
- 3) Documentées conformément aux meilleures pratiques disponibles.

2.8 Description des systèmes et scénarios modélisés

Les frontières des systèmes servent à identifier les étapes, processus et flux considérés dans l'ACV. Elles incluent toutes les activités pertinentes à l'atteinte des objectifs de l'étude et donc, nécessaires à la réalisation de la fonction étudiée.

Les divers processus directement associés au cycle de vie des produits étudiés forment l'**avant-plan** des systèmes, tandis que tous les processus d'approvisionnement et de gestion des rejets impliqués par les processus d'avant-plan constituent l'**arrière-plan**.

Pour tous les systèmes, les processus « amont » identifiables sont inclus de manière à fournir la vue la plus complète possible. Par exemple, dans le cas d'un transport, non seulement les émissions liées à la combustion de carburant sont considérées, mais aussi les processus et matières nécessaires à la production de ce carburant. De cette manière, les chaînes de production de tous les entrants sont remontées jusqu'à l'extraction des ressources naturelles.

Les frontières générales des systèmes à l'étude sont présentées sur la figure suivante.

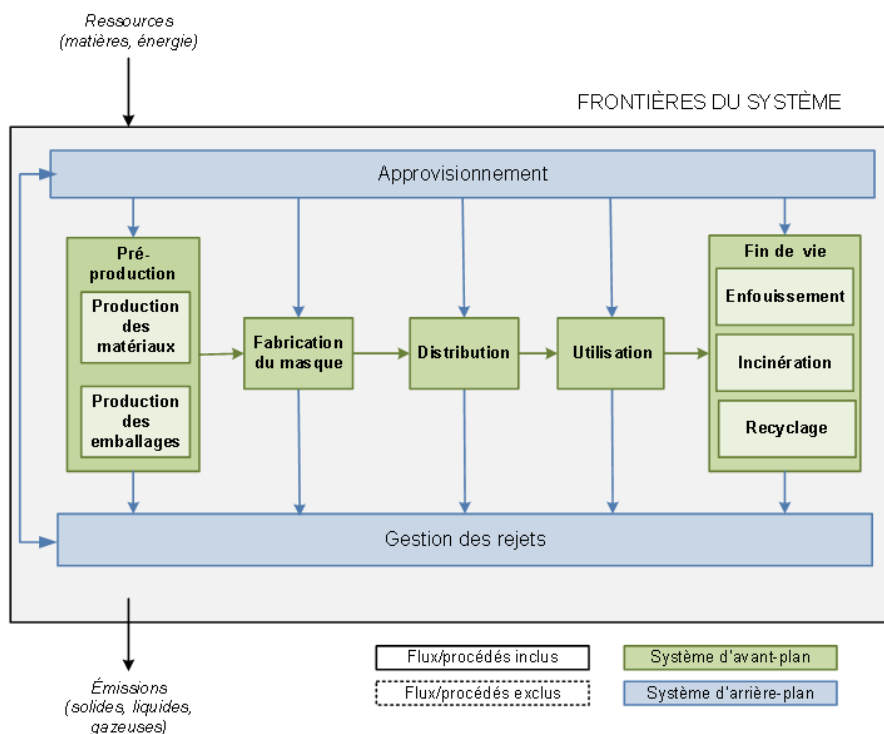


Figure 2-5 : Frontières des systèmes à l'étude.

Le tableau suivant liste les activités incluses et exclues de la modélisation des deux masques.

Tableau 2-1 : Activités incluses et exclues de la modélisation.

Étape du cycle de vie	Activité	Commentaire
Production des matériaux	Production des matières premières constituant les masques	Incluse dans le contexte de la Chine. La matière utilisée est supposée 100 % vierge.
	Usinage des matières première (e.g. transformation des granules de polypropylène en une matière textile)	Incluse dans le contexte de la Chine
	Teinture des matières premières (e.g. polypropylène bleu)	Exclue (données non disponibles, et considéré négligeable par avis d'expert)
Production des emballages (film plastique, boîte et carton)	Production des matières premières constituant les emballages	Incluse dans le contexte de la Chine. La matière utilisée est supposée 100 % vierge. Note : Le jeu de données générique fourni par <i>ecoinvent</i> a été utilisé pour la modélisation bien qu'il contienne un contenu en recyclé. Cela induit une sous-estimation des résultats totaux de 1,3 % ou moins (selon le masque et le scénario) n'affectant en rien les conclusions de l'étude.
	Fabrication des emballages	Incluse dans le contexte de la Chine.
	Impression sur la boîte et le carton	Exclue (considérée négligeable par avis d'expert)
Transport des matériaux et des emballages	Transport routier des matériaux et des emballages jusqu'au lieu de fabrication du masque	Inclus
Fabrication du masque	Production de la machine utilisée pour la fabrication du masque	Incluse. Approximée à une quantité d'acier.
	Emballages dans lesquels la machine a été livrée	Exclus (considérés négligeables par avis d'expert)
	Consommation d'énergie de la machine de fabrication du masque	Incluse. Il s'agit d'électricité chinoise.
	Fin de vie de la machine utilisée pour la fabrication du masque	Exclue (considérée négligeable par avis d'expert)
	Infrastructure (bâtiment)	Incluse
Distribution du masque emballé	Transport routier entre l'usine de fabrication du masque et le port chinois	Inclus
	Transport maritime entre le port chinois et le port québécois	Inclus
	Transport routier entre le port québécois et l'utilisateur	Inclus
	Entrepôts et centre de distribution	Exclus (données non disponibles et considéré négligeable par avis d'expert)
Utilisation	Aucune activité requise pour l'utilisation des masques	N/A
Transport vers la fin de vie	Transport routier du masque entre l'utilisateur et le traitement de fin de vie	Inclus. Les distances de transport diffèrent selon le scénario.
	Transport routier des emballages entre l'utilisateur et le traitement de fin de vie	Inclus.
Traitement de fin de vie du masque : scénario d'enfouissement	Construction des infrastructures d'enfouissement	Incluse
	Consommation d'énergie du site d'enfouissement	Incluse
	Pour le carton seulement : traitement du lixiviat produit par la décomposition	Exclu (données québécoises non disponibles et considéré négligeable car ne concerne que le carton d'emballage)
Traitement de fin	Construction des infrastructures d'incinération	Incluse

Étape du cycle de vie	Activité	Commentaire
de vie du masque : scénario d'incinération avec valorisation énergétique	Consommation d'énergie de l'usine pour l'incinération	Incluse
	Consommation d'énergie de l'usine hors incinération	Incluse
	Émissions directes lors de la combustion	Incluses
	Système de traitement des émissions	Inclus mais modélisé par des données génériques de la base de donnéesecoinvent
	Enfouissement des matières résiduelles	Inclus. Note : Bien que le site de Covanta mentionne que l'aluminium peut être recyclé, les barres nasales sont de petite taille et il a donc été estimé qu'elles seraient entièrement oxydées lors de l'incinération.
	Crédit pour la production d'électricité (valorisation énergétique)	Inclus. Il s'agit d'électricité du réseau NPCC des États-Unis.
Traitement de fin de vie du masque : scénario de recyclage	Production de la boîte de collecte des masques	Incluse. Il s'agit de matière 100 % recyclée dont la production a lieu au Québec.
	Transport de la boîte de collecte vide jusqu'à l'utilisateur	Inclus
	Transport de la boîte de collecte pleine entre l'utilisateur et le centre de tri	Inclus
	Recyclage de la boîte de collecte	Inclus dans le contexte du Québec. Un crédit est attribué pour la production de carton vierge évitée du fait du recyclage de la boîte.
	Construction des infrastructures de recyclage	Incluse
	Utilisation d'eau, d'agents chimiques, d'électricité et de chaleur pour le recyclage du masque	Inclus pour tous les matériaux
	Émissions directes et gestion des matières résiduelles lors du recyclage du masque	Incluses
	Crédit pour la matière vierge évitée du fait du recyclage	Inclus pour tous les matériaux
Traitement de fin de vie de l'emballage	Recyclage d'une partie du carton et d'une partie du plastique	Inclus. Les taux de recyclage proviennent de RECYC-QUÉBEC, et les activités incluses sont les mêmes que celles mentionnées plus haut pour le recyclage du masque (hors boîte de collecte).
	Enfouissement d'une partie du carton et d'une partie du plastique	Inclus. Les taux de recyclage proviennent de RECYC-QUÉBEC, et les activités incluses sont les mêmes que celles mentionnées plus haut pour l'enfouissement du masque.

Le logiciel SimaPro 9.1, développé par [PRé Consultants](#), a été utilisé pour faire la modélisation des systèmes et réaliser le calcul de l'inventaire du cycle de vie.

Il est à noter qu'aucun critère d'inclusion ou de coupure n'a été appliqué pour la présente étude : toutes les données disponibles ont été intégrées au modèle.

2.9 Données et hypothèses principales utilisées

La modélisation des différents scénarios à l'étude requiert l'utilisation d'un ensemble de données et hypothèses. Cette section fournit des tableaux récapitulatifs pour chacun des deux systèmes à l'étude.

Tableau 2-2 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque de procédure.

Information	Valeur	Source
Lieu de production des matériaux	Chine	Donnée primaire fournie par le Centre d'Acquisitions Gouvernementales (CAG)
Matériau utilisé pour la couche interne de la partie filtrante	Polypropylène « spunbond »	Documentations techniques de masques fournies par le CAG
Masse de matériau requise pour la couche interne de la partie filtrante	0,81 g/masque	Site de manufacturier : (TESTEX , 2021)
Matériau utilisé pour la couche externe de la partie filtrante	Polypropylène « spunbond »	Documentations techniques de masques fournies par le CAG
Masse de matériau requise pour la couche externe de la partie filtrante	0,81 g/masque	Site de manufacturier : (TESTEX , 2021)
Matériau utilisé pour le filtre central de la partie filtrante	Polypropylène « meltblown »	Documentations techniques de masques fournies par le CAG
Masse de matériau requise pour le filtre central de la partie filtrante	0,85 g/masque	Site de manufacturier : (TESTEX , 2021)
Matériau utilisé pour la barre nasale	Aluminium	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque, un récupérateur de masques, et le CAG : l'aluminium est le plus courant
Masse de matériau requise pour la barre nasale	0,29 g/masque	Calculée à partir des dimensions fournies dans les fiches techniques fournies par le CAG (100mm), et de la densité mentionnée sur le site de manufacturier (TESTEX , 2021)
Matériau utilisé pour les boucles auriculaires	Polyester	Donnée primaire fournie par les entreprises de collecte de masques : le polyester est le plus courant
Masse de matériau requise pour les boucles auriculaires	0,43 g/masque	Calculée à partir des dimensions fournies dans les fiches techniques fournies par le CAG (165mm), et de la densité mentionnée sur le site de manufacturier (TESTEX , 2021)
Taux de matière recyclée dans le masque	0 %	Donnée primaire fournie par un producteur de masques
Lieu de fabrication du masque	Chine	Donnée primaire fournie par RECYC-QUÉBEC et confirmée par le CAG et un fabricant de masques
Distance de transport routier entre la production des matériaux (Chine) et la fabrication du masque (Chine)	300 km	Hypothèse utilisée à la fois pour les matériaux du masque et pour ceux des emballages
Masse de la machine de fabrication du masque	351 kg	Site de manufacturier : (TESTEX , 2021)
Durée de vie de la machine de fabrication du masque	10 ans	Hypothèse : Supposée identique à celle de la machine de fabrication des masques N95
Capacité de production de la machine de fabrication des masques	85 masques / minute	Site de manufacturier : (TESTEX , 2021)
Consommation d'électricité de la machine de fabrication du masque	2,63 Wh/masque	Littérature : (Lee et al. , 2020)
Surface occupée par la machine de fabrication du masque	1,8 m ²	Calculé à partir des dimensions fournies par un site de manufacturier : (TESTEX , 2021)
Pertes de matière lors de la fabrication du masque	N/A	Supposées incluses dans les données de masses requises utilisées (voir premières lignes de ce tableau)

Information	Valeur	Source
Masse de film plastique (emballage) par masque	0,55 g/masque	Littérature : (Lee et al., 2020)
Masse de boîte (emballage) par masque	0,87 g/masque	Littérature : (Lee et al., 2020)
Masse de carton (emballage) par masque	0,75 g/masque	Littérature : (Lee et al., 2020)
Taux de matière recyclée dans les emballages	0 %	Hypothèse
Durée de vie de l'infrastructure (usine) de fabrication du masque	50 ans	Hypothèse
Distance de transport routier entre l'usine de fabrication du masque et le port	300 km	Hypothèse
Distance de transport océanique entre le port chinois et le port québécois	24 000 km	Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Distance de transport routier entre le port québécois et l'utilisateur québécois	100 km	Hypothèse jugée la plus probable considérant la répartition de population du Québec sur le territoire
Distance de transport routier entre l'utilisateur et le site d'enfouissement	100 km	Hypothèse
Distance de transport routier entre l'utilisateur et l'usine d'incinération	500 km	Approximation basée sur les localisations des usines de Covanta et les distances fournies par Google Maps
Distance de transport routier entre l'utilisateur et l'usine de recyclage	450 km	Évaluation basée sur les localisations des récupérateurs de masques identifiés par RECYC-QUÉBEC et celles des recycleurs fournies par des récupérateurs de masques. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km).
Quantité d'électricité produite lors de l'incinération à Covanta d'une tonne moyenne de déchets	625 kWh/tonne	Moyenne entre les valeurs minimale et maximale (550-700 kWh/tonne) mentionnées sur le site de Covanta (Covanta, 2021)
Ratio entre le pouvoir calorifique du polypropylène et celui des déchets municipaux moyens	2,8	Basé sur les valeurs de pouvoirs calorifique inférieur fournies par <i>ecoinvent</i>
Quantité d'électricité produite lors de l'incinération d'une tonne de masques	1750 kWh/tonne incinérée	Mise à l'échelle de la quantité d'électricité produite lors de l'incinération d'une tonne moyenne de déchets via le ratio entre le pouvoir calorifique du polypropylène et celui des déchets municipaux moyens. Le PCI du polyester est supposé identique à celui du polypropylène.
Surface de carton par boîte de collecte	1,25 m ² /boîte	Calculé à partir des dimensions fournies par https://gozerorecycle.com/fr
Masse d'une boîte par unité de surface	0,67 kg/m ²	Calculé à partir des dimensions (30x30x30cm) et de la masse (0,36kg) fournies sur le site d'un vendeur
Masse d'une boîte de collecte	0,83 kg/boîte	Calculé à partir des deux informations précédentes
Nombre de masques par boîte de collecte	1189	Valeur moyenne fournie par un récupérateur de masques
Taux de matière recyclée dans la boîte de collecte	100 %	Donnée primaire fournie par un récupérateur de masques. Note : La matière est modélisée comme vierge dans l'approche d'extension des frontières. Cette donnée n'est donc utilisée que pour l'analyse de sensibilité sur la méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie (voir section 3.4.3)
Distance de transport de la boîte de collecte entre le recycleur et l'utilisateur (aller-retour)	2x300 km	Évaluation basée sur les localisations obtenues lors d'appels téléphoniques avec des récupérateurs de masques. La distance est la même que pour le trajet utilisateur → tri pour le masque.
Consommation d'électricité pour l'étape de tri et de broyage des masques	1,5 kWh/500 kg recyclés	Donnée primaire fournie par un récupérateur de masques
Masse de la machine utilisée pour l'étape de tri et	1,57E-6 kg/kg	Hypothèse simplifiée : Même masse et durée de vie que la

Information	Valeur	Source
de broyage des masques	recyclé	machine de production des masques.
Pertes de matière lors l'étape de tri et de broyage	0 %	Donnée primaire recueillie lors d'une entrevue téléphonique avec un récupérateur de masques
Pertes de matière dans les procédés de recyclage	15 %	Hypothèse basée sur <i>ecoinvent</i> (selon les procédés, 1,06 à 1,25 kg de déchets sont requis pour fournir 1 kg de matière recyclée). Cette valeur influe uniquement sur le calcul des crédits de recyclage.
Taux de récupération des emballages en carton	76,6 %	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de récupération des emballages en plastique	16 %	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastique

Tableau 2-3 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque N95.

Information	Valeur	Source
Lieu de production des matériaux	Chine	Donnée primaire fournie par le CAG
Matériau utilisé pour la couche interne (coque)	Polyester	Documentation technique de masques
Masse de la couche interne (coque)	3,45 g/masque	Donnée primaire obtenue par pesée
Matériau utilisé pour les couches intermédiaire et externe	Polypropylène « spunbond »	Documentation technique de masques
Masse des couches intermédiaire et externe	3,07 g/masque	Donnée primaire obtenue par pesée
Matériau utilisé pour les élastiques	Polyisoprène	Documentation technique de masques
Masse des élastiques	2,27 g/masque	Donnée primaire obtenue par pesée
Matériau utilisé pour la barre nasale	Aluminium	Documentation technique de masques
Masse de la barre nasale	1,0 g/masque	Donnée primaire obtenue par pesée
Matériau utilisé pour les agrafes	Acier	Documentation technique de masques
Masse des agrafes	0,34 g/masque	Donnée primaire obtenue par pesée
Matériau utilisé pour le support nasal	Mousse de polyuréthane	Documentation technique de masques
Masse du support nasal	0,06 g/masque	Donnée primaire obtenue par pesée
Taux de matière recyclée dans le masque	0 %	Donnée primaire fournie par un producteur de masques
Lieu de fabrication du masque	Chine	Donnée primaire fournie par RECYC-QUÉBEC et confirmée par le CAG et un fabricant de masques
Distance de transport routier entre la production des matériaux (Chine) et la fabrication du masque (Chine)	300 km	Hypothèse utilisée à la fois pour les matériaux du masque et pour ceux des emballages.
Masse de la machine de fabrication du masque	4800 kg	Site de manufacturier : (RICHPEACE , 2021)
Durée de vie de la machine de fabrication du masque	10 ans	Donnée primaire obtenue lors d'un appel téléphonique avec un producteur de masques
Consommation d'électricité de la machine de fabrication du masque	25,6 Wh/masque	Calculé à partir de la capacité moyenne (13,2 masques/min) et de la puissance moyenne (20,3 kW) moyennes des modèles de machines vendues par Richpeace
Surface d'usine occupée par la machine de fabrication du masque	27 m ²	Moyenne calculée sur les modèles de machines vendues par Richpeace
Pertes de matière lors de la fabrication du masque : pour la partie centrale (coque + couche intermédiaire + couche externe)	40 %	Estimation approximative basée sur la vidéo du procédé du site de RICHPEACE (la découpe est très grossière). Les pertes sont supposées être 100% recyclées.
Pertes de matière lors de la fabrication du masque : pour la barre nasale, le support nasal, les agrafes et	0 %	Donnée primaire fournie par un producteur de masques

Information	Valeur	Source
les élastiques		
Masse de film plastique (emballage) par masque	1,93 g/masque	Mise à l'échelle de la quantité utilisée pour le masque de procédure. Le ratio est supposé identique à celui de la boîte.
Masse de boîte (emballage) par masque	3,04 g/masque	Mise à l'échelle de la quantité d'emballage utilisée pour le masque de procédure, en se basant sur les surfaces des boîtes de 50 masques de procédure (1000 cm ²) et de 20 masques N95 (1400 cm ²). D'après les données primaires, ces contenances de boîtes sont les plus courantes.
Masse de carton (emballage) par masque	2,63 g/masque	Mise à l'échelle de la quantité utilisée pour le masque de procédure. Le ratio est supposé identique à celui de la boîte.
Taux de matière recyclée dans les emballages	0 %	Hypothèse
Durée de vie de l'infrastructure (usine) de fabrication du masque	50 ans	Hypothèse
Distance de transport routier entre l'usine de fabrication du masque et le port	300 km	Hypothèse
Distance de transport océanique entre le port chinois et le port québécois	24 000 km	Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Distance de transport routier entre le port québécois et l'utilisateur québécois	100 km	Hypothèse jugée la plus probable considérant la densité de population du Québec
Distance de transport routier entre l'utilisateur et le site d'enfouissement	100 km	Hypothèse
Distance de transport routier entre l'utilisateur et l'usine d'incinération	500 km	Approximation basée sur les localisations des usines de Covanta et les distances fournies par Google Maps
Distance de transport routier entre l'utilisateur et l'usine de recyclage	450 km	Évaluation basée sur les localisations des récupérateurs de masques identifiés par RECYC-QUÉBEC et celles des recycleurs fournies par des récupérateurs de masques. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km).
Quantité d'électricité produite lors de l'incinération à Covanta d'une tonne moyenne de déchets	625 kWh/tonne	Moyenne entre les valeurs minimale et maximale (550-700 kWh/tonne) mentionnées sur le site de Covanta (Covanta, 2021)
Ratio entre le pouvoir calorifique du polypropylène et celui des déchets municipaux moyens	2,8	Basé sur les valeurs de pouvoirs calorifique inférieur fournies par <i>ecoinvent</i>
Quantité d'électricité produite lors de l'incinération d'une tonne de masques	1750 kWh/tonne incinérée	Mise à l'échelle de la quantité d'électricité produite lors de l'incinération d'une tonne moyenne de déchets via le ratio entre le pouvoir calorifique du polypropylène et celui des déchets municipaux moyens. Le PCI du polyester est supposé identique à celui du polypropylène.
Masse de la boîte de collecte des masques utilisée dans le scénario de recyclage	2,47 g/masque	Mise à l'échelle de la quantité utilisée pour le masque de procédure. Le ratio est supposé identique à celui de la boîte d'emballage.
Taux de matière recyclée dans la boîte de collecte	100 %	Donnée primaire obtenue lors d'un appel téléphonique avec un récupérateur de masques. Note : La matière est modélisée comme vierge dans l'approche d'extension des frontières. Cette donnée n'est donc utilisée que pour l'analyse de sensibilité sur la méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie (voir section 3.4.3).
Distance de transport de la boîte de collecte entre le recycleur et l'utilisateur (aller-retour)	2x300 km	Évaluation basée sur les localisations obtenues lors de la collecte des données. La distance est la même que pour le trajet utilisateur → tri pour le masque.

Information	Valeur	Source
Consommation d'électricité pour l'étape de tri et de broyage des masques	1,5 kWh/500 kg recyclés	Donnée primaire
Masse de la machine utilisée pour l'étape de tri et de broyage des masques	1,57E-6 kg/kg recyclé	Hypothèse : Identique au masque de procédure.
Pertes de matière lors l'étape de tri et de broyage	0 %	Donnée primaire recueillie lors d'une entrevue téléphonique avec un récupérateur de masques
Pertes de matière dans les procédés de recyclage	15 %	Hypothèse basée sur <i>ecoinvent</i> (selon les procédés, 1,06 à 1,25 kg de déchets sont requis pour fournir 1 kg de matière recyclée). Cette valeur influe uniquement sur le calcul des crédits de recyclage.
Taux de récupération des emballages en carton	76,6 %	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de récupération des emballages en plastique	16 %	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastique

Les données d'avant plan présentées dans les tableaux ci-dessus ont été complétées par des données d'arrière-plan issues de la base de données d'inventaire du cycle de vie *ecoinvent*. Pour plus de détails sur les processus utilisés, se référer à l'Annexe C.

2.10 Évaluation des impacts environnementaux du cycle de vie (ÉICV)

La méthode appliquée pour évaluer les impacts environnementaux potentiels des systèmes étudiés est la méthode IMPACT World+ ([Bulle, C., Margni, M., Patouillard, L. et al., 2019](#)). Elle intègre plusieurs développements de pointe. Cette méthode est la mise à jour des méthodes IMPACT 2002+, LUCAS et EDIP. Il s'agit d'une méthode régionalisée, contrairement aux méthodes ReCiPe, CML ou ILCD qui tiennent plutôt compte du contexte européen.

Comme le présente la Figure 2-6, la méthode IMPACT World+ offre deux niveaux d'indicateurs : les indicateurs de niveau problème relatifs à différents enjeux environnementaux comme le changement climatique ou l'acidification des océans, et les indicateurs de niveau dommage représentant les conséquences potentielles finales de tous ces enjeux sur la santé humaine, la qualité des écosystèmes et les ressources. À l'heure actuelle, l'indicateur de niveau dommage pour les ressources n'a pas encore été développé. Les enjeux relatifs aux ressources sont donc évalués grâce aux deux indicateurs de niveau problème associés : *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales*.

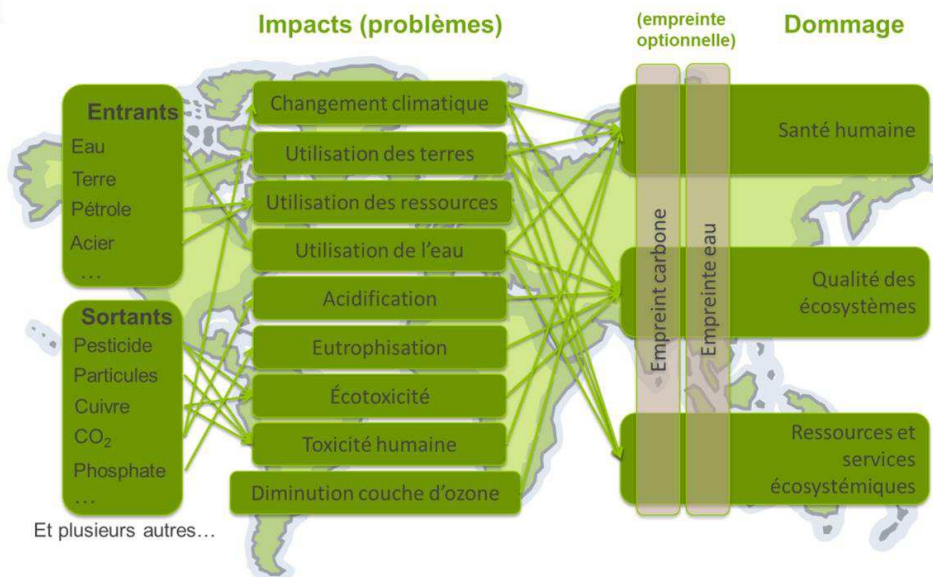


Figure 2-6 : Illustration de la méthode IMPACT World+.

L'objectif de ce projet étant de réaliser un profil environnemental complet, les deux indicateurs de niveau dommages *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* sont étudiés, ainsi que les deux indicateurs de niveau problèmes *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales* sont étudiés.

Dans le cas de l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, il est à noter que la catégorie *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* est exclue du résultat total fourni. Cette catégorie est un contributeur potentiel majeur aux résultats de l'indicateur *Qualité des écosystèmes* du fait de l'impact des métaux. Cependant, l'impact de ces métaux est aujourd'hui considéré comme surestimé et fortement incertain pour deux raisons principales :

1. Les facteurs de caractérisation de cette catégorie d'impact sont issus des plus récents travaux de USEtox (v2.02) mais comportent tout de même plusieurs sources d'incertitude. En effet, ils n'incluent pas encore : i) le type de sol lors de la déposition des métaux sur le sol et la spéciation associée des métaux dans les sols, ni ii) le transfert des métaux des sols vers l'eau souterraine pour déterminer la fraction du métal qui rejoint ultimement les eaux de surface, ni iii) l'essentialité des métaux.
2. Les résultats de la catégorie *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* proviennent principalement des émissions à long terme de métaux dans les processus de traitement de déchets. Or, la modélisation de ces émissions à long terme dans les processus de traitement de déchets issus d'*ecoinvent* est considérée comme très incertaine et probablement surestimée. En effet, des coefficients très élevés sont utilisés pour représenter le transfert des métaux contenus dans les déchets vers l'environnement pour la plupart des métaux, et la majorité de ces émissions ont lieu à long terme dans les eaux souterraines, alors que ces émissions devraient être diluées avec le temps menant à des concentrations en métal plus faibles à long terme avec donc moins d'impact.

Un intérêt particulier étant porté au changement climatique, l'indicateur de niveau problème *Changement climatique, court terme* est également étudié. Cet indicateur se base sur les potentiels de réchauffement globaux sur un horizon temporel de 100 ans (PRG100) issus du rapport de 2013 du GIEC³. Il s'agit de l'horizon temporel communément utilisé car choisi par consensus politique international.

Attention : L'indicateur *Changement climatique* est représenté séparément afin que les informations relatives à l'empreinte carbone soient mises en évidence. Cependant, les enjeux du changement climatique sont déjà inclus dans les deux indicateurs de niveau dommage *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* (voir sections 0 et 3.2.3 pour la contribution des différents problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur les indicateurs de dommage). Cette corrélation est à garder à l'esprit lors de la lecture et de l'interprétation des résultats.

Mentionnons que :

- Les résultats de l'ÉICV représentent des impacts environnementaux potentiels et non réels. Il s'agit d'expressions relatives (à l'unité fonctionnelle notamment) qui ne permettent pas de prédire les impacts finaux, ni le risque sur les milieux récepteurs, ni le dépassement de normes ou de seuils de sécurité. Les résultats d'indicateurs ne se substituent en aucun cas à une analyse de risque et ne renseignent pas sur les incidents potentiels ou les dangers associés.
- Ces indicateurs ne couvrent pas tous les impacts environnementaux possibles associés aux activités humaines. Plusieurs types d'impacts, dont ceux liés aux nuisances sonores et olfactives, aux espèces en voie de disparition, à l'abandon dans l'environnement, à la qualité de l'air intérieur et aux champs électromagnétiques ne font pas partie de la présente analyse.
- Aucune normalisation des résultats vis-à-vis d'une base de référence externe à l'étude n'a été effectuée. La normalisation est seulement utilisée pour comparer différents scénarios entre eux, en normalisant les résultats par rapport au scénario ayant le score le plus élevé dans chaque indicateur. Aucune pondération des catégories de dommages pour agréger les résultats en un score unique n'a par ailleurs été réalisée.

Le logiciel SimaPro 9.1 a été utilisé pour faire le calcul des impacts potentiels associés aux émissions inventoriées. C'est lui qui procède à la classification des flux élémentaires entre les diverses catégories d'impacts et au calcul des résultats d'indicateurs.

2.11 Interprétation

Cette dernière phase de l'ACV permet de discuter les résultats obtenus à la suite de l'évaluation des indicateurs d'impacts du cycle de vie et de les mettre en perspective. Les résultats présentés sont appuyés sur une analyse complète et approfondie des données d'inventaire et de l'évaluation des indicateurs d'impacts du cycle de vie.

Cela comprend notamment :

³ Tel que recommandé dans Levasseur A, de Schryver A, Hauschild M, Kabe Y, Sahnoune A, Tanaka K, Cherubini F (2016) Greenhouse gas emissions and climate change impacts. In: Frischknecht R, Jolliet O (eds) Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators, vol 1. United Nations Environment Programme.

- Une évaluation de la qualité des données ;
- Une analyse de cohérence et de complétude ;
- Des analyses de sensibilité.

La méthodologie employée pour l'analyse et l'interprétation des données est résumée dans les sous-sections qui suivent. Une précision est préalablement donnée quant à l'analyse de l'inventaire.

2.11.1 Analyse de l'inventaire

En accord avec la norme ISO 14 040:44, l'évaluation des indicateurs d'impacts du cycle de vie présentée et discutée constitue l'interprétation des résultats d'inventaire du cycle de vie. Une analyse de contribution permet également d'identifier les flux d'inventaire dominant les résultats d'indicateurs.

2.11.2 Évaluation de la qualité des données d'inventaire

La fiabilité des résultats et des conclusions de la modélisation du cycle de vie dépend de la qualité des données d'inventaire. Il est important de veiller à ce que les informations répondent à certaines exigences conformes aux objectifs de l'étude.

Bien que l'ISO ne propose pas de méthode d'évaluation de la qualité des données, nous avons suivi une approche sur cinq critères : la fiabilité, la complétude, la corrélation temporelle, la corrélation géographique et la corrélation technologique. La qualité de chacune des données d'inventaire est ainsi évaluée sur une échelle allant de 1 (qualité la plus haute) à 5 (qualité la plus basse) pour chacun de ces cinq critères.

Des détails sur le système de notation et les notes attribuées sont fournies à l'Annexe D.

Parallèlement à l'évaluation de la qualité des données, une estimation de la contribution des processus (c'est-à-dire dans quelle mesure le processus modélisé contribue au score d'impact global du système étudié) a été effectuée dans l'Annexe D.

Des données de basse qualité peuvent être appropriées dans le cas d'un processus dont la contribution est minimale. Au contraire, des données de haute qualité devraient être collectées pour les processus ayant une grande influence sur les conclusions de l'étude.

2.11.3 Analyse de cohérence et de complétude

Tout au long de l'étude, une attention a été portée à ce que les systèmes soient représentés d'une manière compatible avec l'objectif et la portée de l'étude. En outre, lors de la collecte des données et de la définition et la modélisation des systèmes, les hypothèses et les méthodes ont été appliquées de manière similaire à tous les systèmes. Il existe une cohérence entre les systèmes étudiés en ce qui concerne les sources de données, leur précision et leur représentativité technologique, temporelle et géographique.

La complétude a été assurée grâce à une définition minutieuse des frontières des systèmes analysés. En l'absence de données, des analyses de sensibilité ont été réalisées pour vérifier l'effet des hypothèses et des approximations utilisées.

2.11.4 Analyses de sensibilité

Plusieurs paramètres ont été utilisés pour modéliser les systèmes étudiés. Chacun des paramètres présente un certain degré d'incertitude, notamment en ce qui concerne les

hypothèses et les choix méthodologiques. Les résultats obtenus sont liés à ces paramètres et leur incertitude est transférée aux conclusions. Afin de s'assurer qu'une modification des valeurs de ces paramètres n'entraîne pas de modifications des conclusions de l'étude ou, le cas échéant, afin d'identifier les situations qui remettraient en question les conclusions de l'étude, des analyses de sensibilité sont réalisées.

Des analyses de sensibilité ont été effectuées sur les paramètres suivants :

- **Indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme*** : Inclusion dans le résultat total obtenu sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* ;
- **Méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie** : Une deuxième évaluation basée sur la méthode ReCiPe (Huijbregts et al., 2017), version 2016 1.02, a été réalisée dans le but de vérifier si la variabilité des modèles de caractérisation avait une influence significative sur les conclusions ;
- **Méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie** : Une évaluation des trois scénarios pour les deux masques à l'étude est réalisée avec la méthode d'allocation par critère de coupure (cut-off) ;
- **Quantités de matériaux utilisés** : Les valeurs utilisées pour modéliser les pertes/quantités de matériaux étant incertaines, une analyse de sensibilité est réalisée en apportant des modifications de +/-20 % aux masses de toutes les composantes des masques ;
- **Matériaux utilisés** : Des variations de composition sont évaluées pour les deux masques. Pour le masque de procédure, le cas d'une barre nasale en fer et d'un masque composé à 100 % de polypropylène sont traités. Pour le masque N95, les cas d'élastiques en polyester et d'absence d'agrafes sont évalués.
- **Lieu d'incinération** : Le cas d'une incinération à Québec (avec valorisation de vapeur auprès des papetières) a été évalué en analyse de sensibilité ;
- **Étendue du recyclage** : Le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux a été évalué afin de représenter d'éventuels enjeux de variabilité dans la composition des masques et/ou d'absence d'acheteur pour les matières recyclées. Il est supposé que seule la partie centrale des masques est recyclée et que les autres composantes sont enfouies.
- **Électricité évitée** : Dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique, un crédit est attribué du fait de la génération d'électricité. Dans le cas de base, le bouquet électrique moyen de la zone géographique en question (« upstate New York ») est utilisé pour la modélisation du crédit. Cette analyse de sensibilité modélise plutôt le crédit en considérant les filières énergétiques les plus susceptibles d'être évitées.
- **Lieu de fabrication du masque N95** : RECYC-QUÉBEC et le CAG estiment que la provenance la plus probable pour les masques N95 est la Chine. Cependant, certaines compagnies, comme 3M, mentionnent fabriquer des masques N95 dans d'autres pays, en particulier aux États-Unis et au Canada (Ontario et Québec en particulier). Cette analyse de sensibilité réévalue donc les résultats du masque N95 selon les trois scénarios de fin de vie, lorsque celui-ci est produit aux États-Unis, en Ontario ou au Québec.

2.11.5 Analyse d'incertitude

Des analyses d'incertitude différentielles de Monte Carlo ont été réalisées. Pour chacun des masques à l'étude, les scénarios ont été comparés deux à deux sur 1000 itérations durant

lesquelles les paramètres étaient piochés aléatoirement dans leurs plages de valeur. Les résultats de ces analyses d'incertitude sur les paramètres sont présentés à la section 3.5.

2.12 Revue critique

Conformément aux normes ISO, les revues critiques d'ACV sont facultatives lorsque les résultats sont voués à un usage interne par le mandataire. Cependant, une telle revue est une étape importante et obligatoire pour assurer la validité des résultats avant certaines communications publiques, telle que les déclarations environnementales de produits, suivant les normes ISO 14 020, ou les affirmations comparatives rendues publiques, suivant les normes ISO 14 040.

En ce qui a trait à cette étude, une revue critique a été réalisée par le comité de revue critique composé des membres suivants.

Tableau 2-4 : Membres du comité de revue critique.

Nom	Organisme d'attache	Implication / Champ d'expertise
Hugues Imbeault-Tétreault	Groupe AGÉCO	Président du comité / Expert ACV
Ben Amor	LIRIDE - Université de Sherbrooke	Réviseur externe / Expert ACV
Denis Bernier	SCEB Inc.	Réviseur externe / Expert fin de vie

Conformément aux normes ISO 14 040 et 14 044 (2006a, b), les objectifs de la revue critique étaient d'assurer que :

- Les méthodes utilisées par le CIRAIG pour réaliser l'analyse du cycle de vie sont :
 - Cohérentes avec les normes internationales ISO 14040 ;
 - Valables d'un point de vue technique et scientifique ;
 - Appropriées et raisonnables par rapport à l'objectif de l'étude ;
- Les interprétations du CIRAIG reflètent les limitations identifiées et l'objectif de l'étude ;
- Le rapport détaillé est transparent et cohérent.

Le processus de revue critique, s'est réalisé selon les étapes suivantes :

1. Révision du rapport de cadrage par le comité de revue (juin 2021) ;
2. Ajustements et réponse aux éléments soulevés par les réviseurs à l'étape 1 (juin 2021) ;
3. Première ronde de révision du rapport final d'ACV par le comité de revue (octobre 2021);
4. Ajustements et réponse aux éléments soulevés par les réviseurs à l'étape 3 (octobre 2021 à janvier 2022) ;
5. Retour du rapport modifié aux réviseurs pour validation de la conformité ISO 14 044 (février 2022).

Le rapport de revue critique est disponible à la fin de ce document.

3 Résultats et discussion

Ce chapitre couvre les deux dernières phases de l'ACV : c'est-à-dire l'évaluation des impacts du cycle de vie (ÉICV) des systèmes étudiés et l'interprétation des résultats, conformément au cadre méthodologique présenté aux sections précédentes.

Il présente, pour chacun des deux masques, la comparaison des profils environnementaux selon les trois scénarios de fin de vie, l'analyse des contributions aux résultats, une analyse de la qualité des données, différentes analyses de sensibilités, une analyse d'incertitude et les applications et limitations de l'étude.

La plupart des comparaisons sont présentées sous forme de tableaux de résultats normalisés. Dans ces tableaux, pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale. Note : Lorsque les résultats d'indicateurs environnementaux sont plus élevés cela signifie que les impacts potentiels sont plus importants, donc que le scénario est moins souhaitable du point de vue de l'environnement.

Les résultats bruts sont disponibles à l'Annexe E.

3.1 Profil environnemental du cycle de vie du masque de procédure

3.1.1 Comparaison des résultats sur l'ensemble des indicateurs

Le tableau ci-dessous présente les résultats normalisés, c'est-à-dire que pour chaque colonne et chaque indicateur, le résultat maximal se voit attribuer 100 %, et les autres sont exprimés en fonction de ce résultat maximal.

Le tableau contient les empreintes avec et sans le crédit attribué à la valorisation de fin de vie des masques. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale. Les résultats détaillés de l'analyse de contribution par étape du cycle de vie sont ensuite présentés à la section 3.1.2.

Tableau 3-1 : Résultats normalisés pour le masque de procédure.

Indicateur	Scénario	Résultat normalisé, sans le crédit de valorisation du masque	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	80 %	82 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	84 %	56 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	96 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	98 %	92 %
	Recyclage	100 %	53 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	87 %	98 %
	Incinération avec valorisation énergétique	94 %	100 %
	Recyclage	100 %	75 %
Santé humaine	Enfouissement	84 %	86 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	88 %	58 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	80 %	82 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	86 %	58 %

Pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* (en notant que les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* incluent les conséquences du changement climatique) les observations sont les suivantes :

- Le scénario d'incinération avec valorisation énergétique obtient les résultats hors crédit et totaux les plus élevés ;
- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, le scénario d'enfouissement obtient les résultats les plus faibles ;
- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, le scénario de recyclage obtient des résultats 12 %-16 % plus faibles que ceux du scénario d'incinération avec valorisation énergétique, et peu différenciés (moins de 10 % de différence) de ceux du scénario d'enfouissement ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, le scénario de recyclage obtient des résultats totaux 29 % à 33 % plus faibles que ceux du scénario d'enfouissement, et 42 % à 44 % plus faibles que ceux du scénario d'incinération avec valorisation énergétique.

Pour l'indicateur *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* les observations sont les suivantes :

- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, les résultats obtenus par les trois scénarios sont très peu différenciés (moins de 5 % de différence) ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, les scénarios d'enfouissement et d'incinération sont peu différenciés (moins de 10 % de différence) ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, le scénario de recyclage obtient le résultat le plus faible. Ce résultat est

respectivement 47 % et 43 % plus faible que deux des scénarios d'enfouissement et d'incinération.

Enfin, pour l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* les observations sont les suivantes :

- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, les résultats obtenus par les scénarios d'incinération et de recyclage sont peu différenciés (moins de 10 % de différence) ;
- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, le résultat obtenu par le scénario d'enfouissement est le plus faible. Ce résultat est 13 % plus faible que celui du scénario de recyclage, mais peu différencié de celui du scénario d'incinération (moins de 10 % de différence) ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, les résultats obtenus par les scénarios d'enfouissement et d'incinération sont très peu différenciés (moins de 5 % de différence) ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, le scénario de recyclage obtient le plus faible résultat. Ce résultat est respectivement 25 % et 23 % plus faible que ceux obtenus par les scénarios d'incinération et d'enfouissement.

3.1.2 Analyse des contributions des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs

Cette section présente cinq figures (une par indicateur) illustrant les contributions des différentes étapes du cycle de vie aux résultats présentés plus tôt.

Il est à noter que les étapes de :

- Production des matériaux ;
- Production des emballages ;
- Transport des matériaux et des emballages ;
- Fabrication du masque ;
- Distribution du masque emballé ;
- Traitement de fin de vie de l'emballage ;
- Crédit pour la valorisation de l'emballage en fin de vie

sont identiques pour tous les scénarios. Autrement dit, les seules étapes présentant des variations d'un scénario à l'autre sont le transport vers la fin de vie, le traitement de fin de vie du masque et le crédit attribué pour la valorisation en fin de vie du masque.

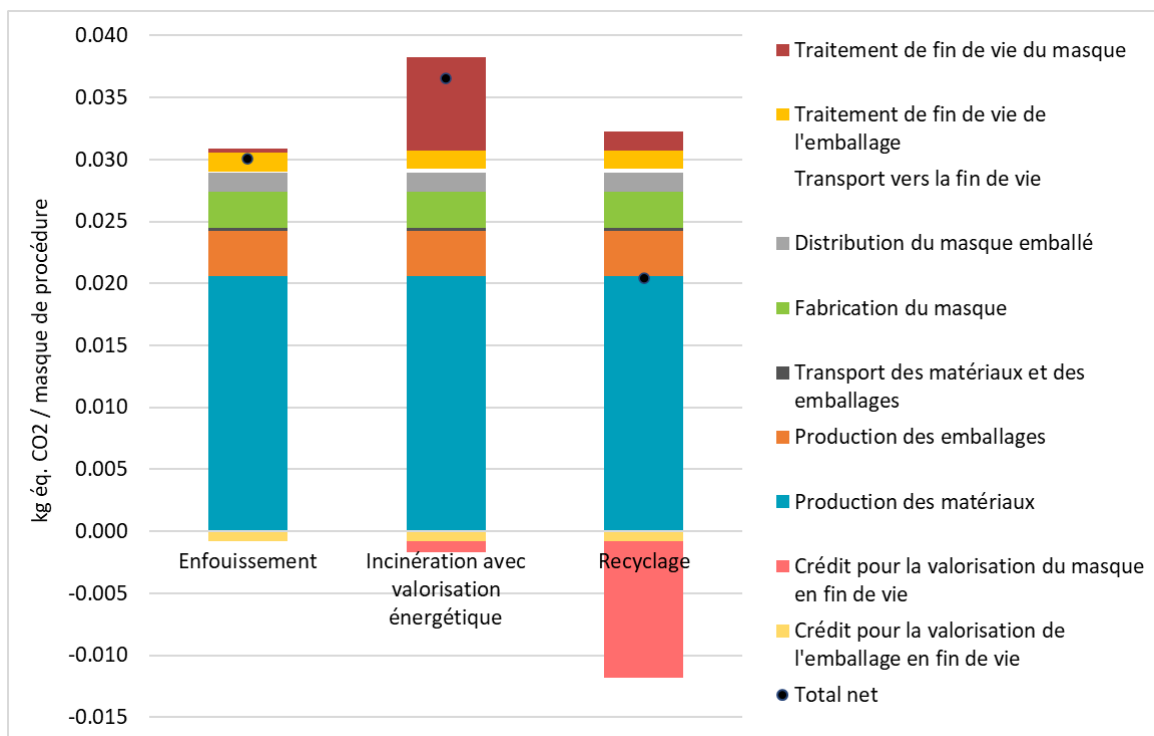


Figure 3-1 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur *Changement climatique*.

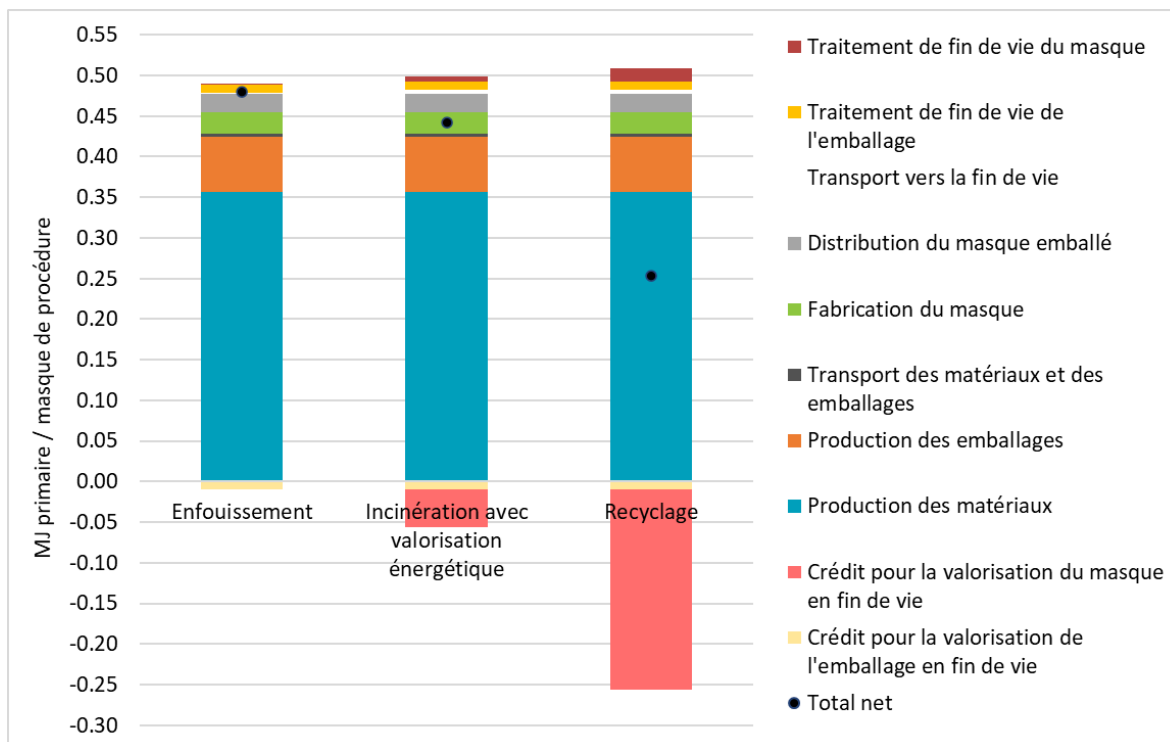


Figure 3-2 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire*.

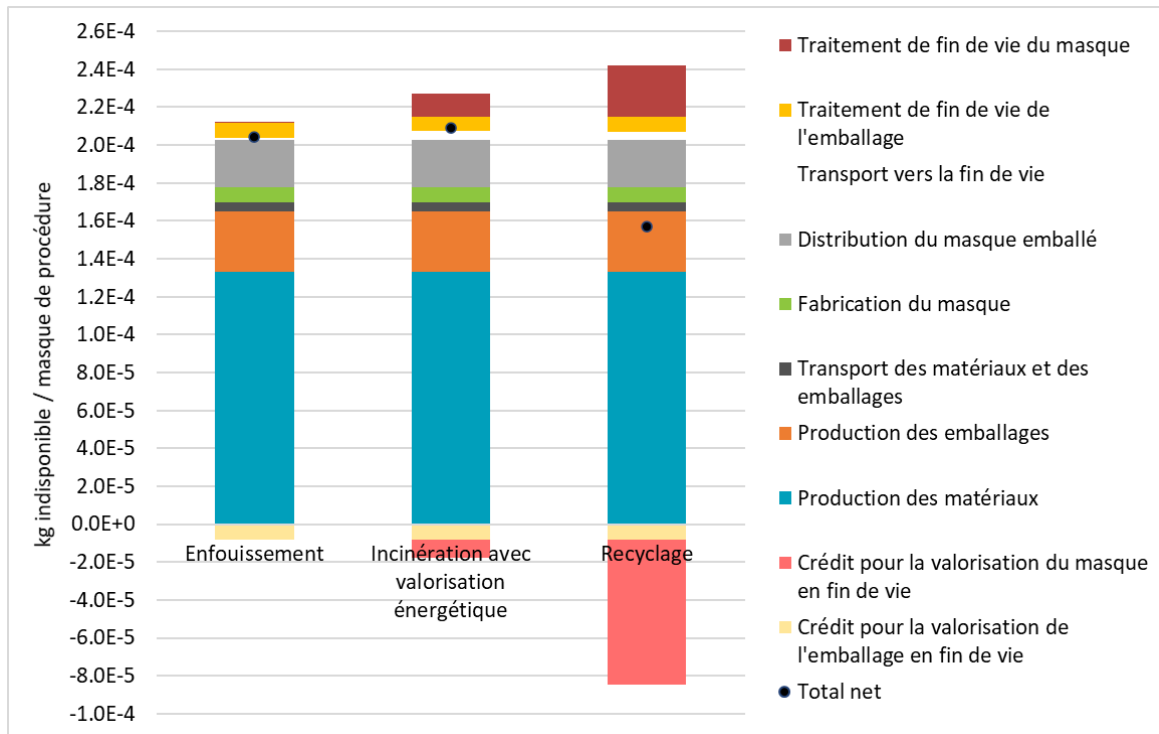


Figure 3-3 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales*.

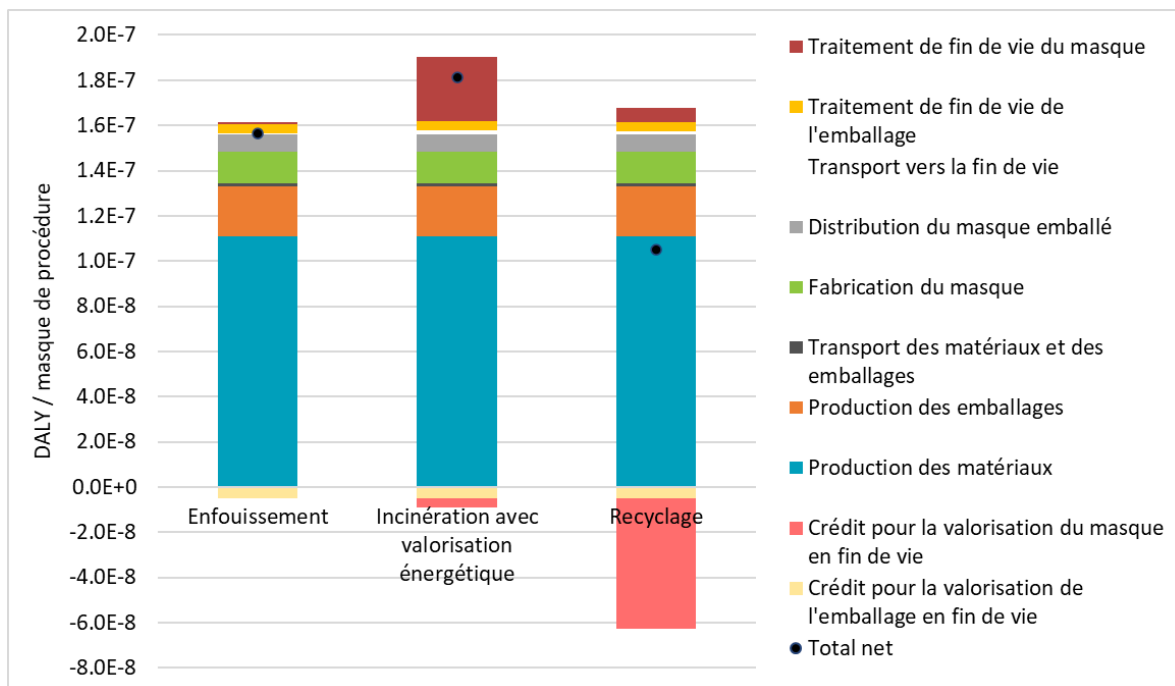


Figure 3-4 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur *Santé humaine*.

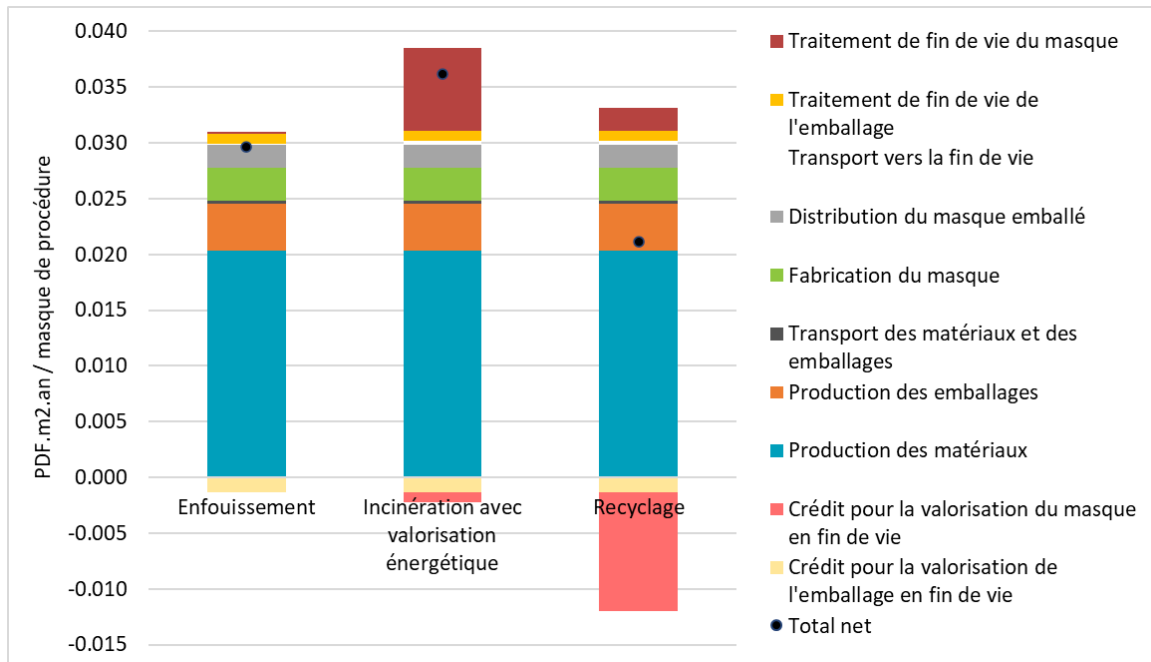


Figure 3-5 : Analyse de contribution comparative pour le masque de procédure sur l'indicateur Qualité des écosystèmes.

Les observations sur les contributions positives aux résultats sont les suivantes :

- Pour tous les indicateurs et tous les scénarios à l'étude, le plus grand contributeur aux résultats est l'étape de **production des matériaux**. Elle représente 53 %-73 % du résultat hors crédit ;
- Pour tous les indicateurs et tous les scénarios à l'étude, la **production des emballages** représente 9 %-15 % des résultats hors crédit. Cela en fait le deuxième ou le troisième (selon l'indicateur et le scénario) plus grand contributeur aux résultats ;
- Pour tous les indicateurs, le **traitement de fin de vie du masque** représente moins de 1 % des résultats du scénario d'enfouissement. Dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique il représente 15 %-20 % des résultats hors crédit pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*, et moins de 5 % des résultats hors crédit pour les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales*. Dans le scénario de recyclage, le traitement de fin de vie du masque représente 3 %-11 % des résultats hors crédit pour tous les indicateurs ;
- La **distribution du masque emballé** depuis la Chine représente 10 %-12 % du résultat hors crédit sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales*, et moins de 7 % sur les autres indicateurs ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Concernant les crédits (dans les scénarios d'incinération avec valorisation énergétique et de recyclage), les observations sont les suivantes :

- Sur l'ensemble des indicateurs, le crédit attribué au recyclage des masques est 5 à 12 fois plus élevé que celui attribué à la valorisation énergétique du scénario d'incinération ;

- Pour tous les indicateurs, le crédit représente 2 %-9 % des résultats hors crédit dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique et 32 %-48 % des résultats hors crédit dans le scénario de recyclage ;
- Le crédit pour la valorisation des emballages représente 2 %-4 % des résultats hors crédit.

Pour aller plus loin dans l'analyse, il est à noter que le polypropylène est le constituant principal du masque de procédure (2,47g sur les 3,19g du masque, soit 77 % de la masse totale) et que sa contribution aux résultats obtenus par l'étape de **production des matériaux** varie entre 39 % et 63 % selon l'indicateur. Sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*, sa contribution est cependant très proche de celle de l'aluminium (moins de 5 % d'écart).

Pour la **production des emballages**, le premier contributeur est le film plastique (46 %-72 %) pour l'ensemble des indicateurs, bien qu'il représente 25 % de la masse totale des emballages (carton + boîte + film plastique).

Pour le **traitement de fin de vie du masque dans le scénario d'incinération** avec valorisation énergétique, la quasi-totalité (≥ 94 %) des résultats obtenus sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* viennent des émissions liées à l'incinération du plastique (polypropylène et polyester). Pour les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile* et *Utilisation de ressources minérales*, le premier contributeur est la boîte de collecte (respectivement 90 % et 62 % du résultat du traitement de fin de vie).

Pour le **traitement de fin de vie du masque dans le scénario de recyclage**, les résultats viennent principalement du recyclage du plastique (43 %-68 %), du fait que le masque contient une plus grande quantité de plastique que de métal. Le second contributeur est la boîte de collecte (20 %-34 %). Le troisième contributeur est le recyclage de la barre nasale (9 %-23 %), à l'exception de l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* pour lequel l'étape de tri et de broyage du masque représente 19 % du résultat obtenu par l'étape de traitement de fin de vie du masque, du fait de l'infrastructure. Pour tous les autres indicateurs, l'étape de tri et de broyage du masque a une contribution très faible (<5 %).

Pour la **distribution du masque emballé**, 74 % à 80 % du résultat obtenu est dû au transport par bateau depuis la Chine jusqu'au Québec. Cela s'explique par la très grande distance de transport parcourue, venant compenser le fait que les scores d'impact par tonne-kilomètre transportée sont plus faibles pour un porte-conteneur que pour un camion de marchandises (de 70 % ou plus selon l'indicateur).

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur **Changement climatique**, 78 % à 83 % (selon le scénario de fin de vie) du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et 16 % à 22 % aux émissions de méthane (CH₄). Plus précisément, 68 %-90 % de ces émissions de CO₂ et de CH₄ sont dues aux étapes réalisées en Chine (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication du masque), dont 49 %-64 % en particulier pour la production des matériaux. Les contributions des autres gaz à effet de serre (GES) représentent 1 % du résultat total net ;
- Pour l'indicateur **Utilisation d'énergie fossile et nucléaire**, 34 % à 43 % (selon le scénario de fin de vie) du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 33 % à 42 % aux extractions de charbon, et 22 % à 24 % aux extractions de gaz naturel.

- Plus précisément, 69 %-99 % de ces extractions sont dues aux étapes réalisées en Chine (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication du masque), dont 66 %-69 % en particulier pour la production des matériaux. Les contributions des autres ressources énergétiques représentent 3 % ou moins du résultat total net ;
- Pour l'indicateur **Utilisation de ressources minérales**, 52 % à 57 % (selon le scénario de fin de vie) du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 37 % à 41 % aux extractions d'argile. Plus précisément, 65 %-93 % de ces extractions sont dues aux étapes réalisées en Chine (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication du masque), dont 42 %-71 % en particulier pour la production des matériaux, en notant que les extractions ont principalement lieu pour la construction des infrastructures. Les contributions des autres ressources minérales représentent 7 % ou moins du résultat total net ;
 - Pour l'indicateur **Santé humaine**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 55 % à 61 % du résultat selon le scénario de fin de vie. La contribution de l'utilisation d'eau (i.e. contributions positives des extractions d'eau, desquelles sont soustraites les contributions négatives des émissions d'eau) est de 15 % à 18 % selon le scénario. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10 % ;
 - Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 72 % à 81 % du résultat selon le scénario de fin de vie. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10 %.

3.1.3 Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage

Tel que mentionné à la section 2.10, les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* sont des indicateurs de niveau dommage. Cela signifie qu'ils évaluent les conséquences finales potentielles de l'ensemble des problèmes environnementaux associés à ces deux enjeux (aussi appelées aires de protection).

Cette section présente donc l'analyse des contributions des différents problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*.

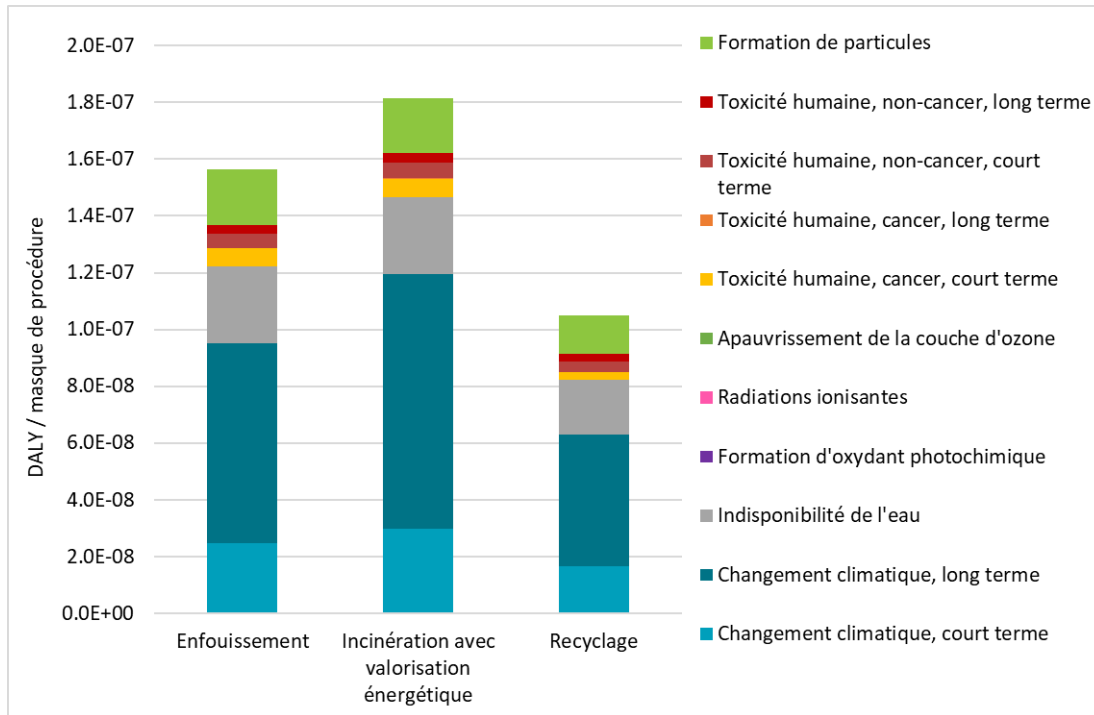


Figure 3-6 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine* pour le masque de procédure.

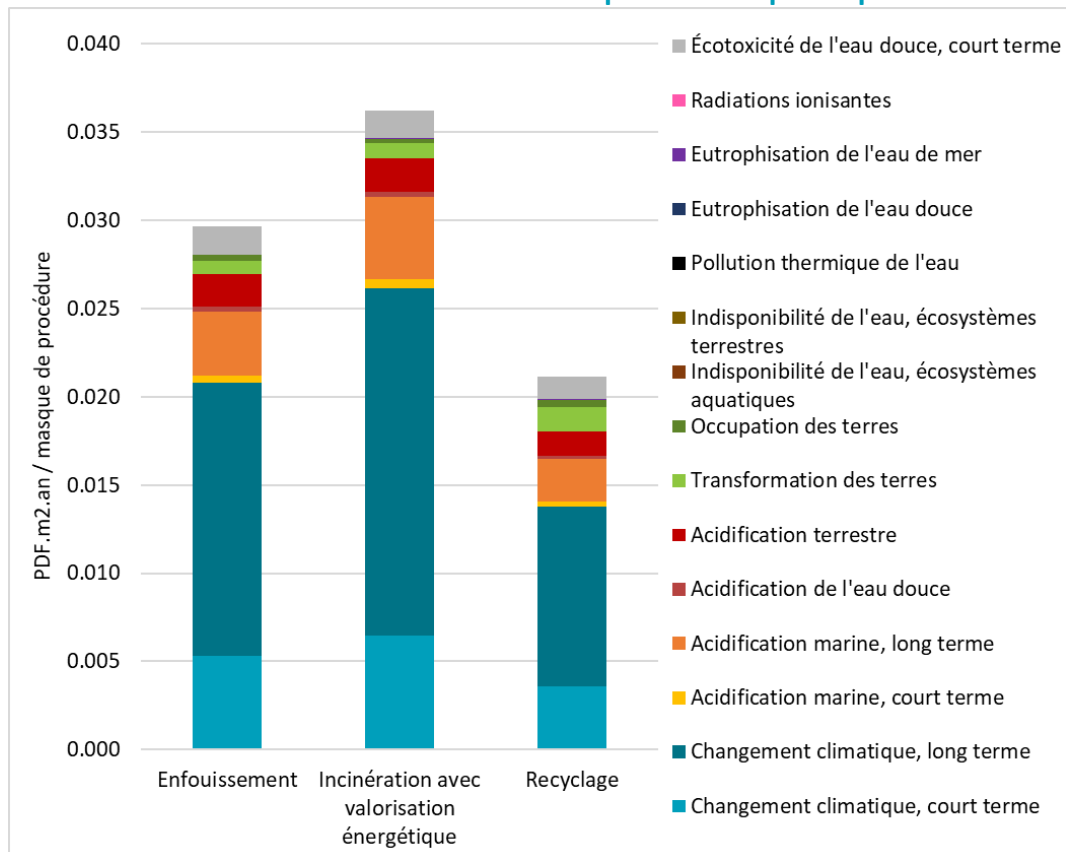


Figure 3-7 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque de procédure.

Rappel : L'indicateur *Qualité des écosystèmes* est représenté sans la contribution de l'écotoxicité de l'eau douce à long terme car son évaluation est jugée surestimée et trop incertaine. Une analyse de sensibilité sur son ajout est réalisée à la section 3.4.1.

Les observations sont les suivantes :

- Pour les deux indicateurs de niveau dommage, le plus grand contributeur (65 %-72 %) est le **changement climatique** (long terme et court terme). Cela explique pourquoi les résultats des indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* suivaient les mêmes tendances à la section précédente ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le second contributeur est l'**indisponibilité de l'eau** (15 %-18 %) ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le troisième plus grand contributeur aux résultats est la **formation de particules** (11 %-13 %) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le second contributeur (11 %-13 %) est l'**acidification marine à long terme** ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.1.2) présente davantage de détails sur les activités responsables du résultat.

En ce qui concerne la contribution de l'indicateur **Indisponibilité de l'eau** dans le résultat obtenu sur l'indicateur *Santé humaine*, elle vient principalement de l'étape de production des matériaux (68 %-69 % des contributions positives) et de la production des emballages (23 %). Toutes les autres contributions positives (i.e. hors crédits) sont inférieures à 10 %. En conséquence, la presque totalité (≥ 95 %) du résultat positif est dû à des extraction d'eau ayant lieu en Chine, causant une potentielle indisponibilité de l'eau pour les populations locales.

Pour la **formation de particules** contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine*, la plupart (88 %-90 %) des émissions sont dues aux étapes réalisées en Chine, en particulier la production des matériaux (64 %-65 %). Note : Les flux de particules n'étant pas régionalisés dans *ecoinvent* (à la différence des flux d'eau), une analyse plus approfondie serait requise pour déterminer la part exacte des émissions ayant lieu en Chine.

La contribution de l'**acidification marine** aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* est due (à 98 %) aux émissions de dioxyde de carbone. Les contributions se trouvent donc être similaires à celles obtenues sur l'indicateur *Changement climatique* et présentées à la section précédente (3.1.2). Par ailleurs, entre leur contribution au changement climatique et la contribution des émissions de CO₂ à l'acidification marine, les gaz à effet de serre (GES) sont responsables de 85 %-93 % des résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes*.

3.2 Profil environnemental du cycle de vie du masque N95

3.2.1 Comparaison des résultats sur l'ensemble des indicateurs

Le tableau ci-dessous présente les résultats normalisés, c'est-à-dire que pour chaque colonne et chaque indicateur, le résultat maximal se voit attribuer 100 %, et les autres sont exprimés en fonction de ce résultat maximal.

Le tableau contient les empreintes avec et sans le crédit attribué à la valorisation de fin de vie des masques. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Les résultats détaillés de l'analyse de contribution par étape du cycle de vie sont ensuite présentés à la section 3.2.2.

Tableau 3-2 : Résultats normalisés pour le masque N95.

Indicateur	Scénario	Résultat normalisé, sans le crédit de valorisation du masque	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	85 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	88 %	63 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	97 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	98 %	94 %
	Recyclage	100 %	62 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	95 %	99 %
	Incinération avec valorisation énergétique	97 %	100 %
	Recyclage	100 %	65 %
Santé humaine	Enfouissement	89 %	90 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	92 %	63 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	85 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	90 %	64 %

Deux tendances distinctes ressortent et permettent d'analyser les résultats d'indicateurs en deux groupes.

Pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* les observations sont les suivantes :

- Le scénario d'incinération avec valorisation énergétique obtient les résultats hors crédit et totaux les plus élevés ;
- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, le scénario d'enfouissement obtient les résultats les plus faibles ;
- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, les résultats des scénarios d'enfouissement et de recyclage sont peu différenciés (moins de 10 % de différence) ;
- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits, le scénario de recyclage obtient des résultats 8 % à 12 % plus faibles que ceux du scénario d'incinération ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, le scénario de recyclage obtient des résultats totaux les plus faibles. Ceux-ci sont 26 % à 30 % plus faibles que ceux du scénario d'enfouissement et 36 %-37 % plus faibles que ceux du scénario d'incinération.

Pour les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales* les observations sont les suivantes :

- Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits associés à la valorisation en fin de vie, les trois scénarios sont très peu différenciés (5 % de différence ou moins selon l'indicateur) ;

- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, les résultats obtenus par les scénarios d'enfouissement et d'incinération avec valorisation énergétique sont peu différenciés (moins de 10 % de différence) ;
- En tenant compte des crédits associés aux activités évitées du fait de la valorisation en fin de vie, le scénario de recyclage obtient des résultats totaux de l'ordre de 34 %-38 % plus faibles que ceux des deux autres scénarios.

3.2.2 Analyse des contributions des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs

Cette section présente cinq figures (une par indicateur) illustrant les contributions des différentes étapes du cycle de vie aux résultats présentés plus tôt.

Il est à noter que les étapes de :

- Production des matériaux ;
- Production des emballages ;
- Transport des matériaux et des emballages ;
- Fabrication du masque ;
- Distribution du masque emballé ;
- Traitement de fin de vie de l'emballage ;
- Crédit pour la valorisation de l'emballage en fin de vie

sont identiques pour tous les scénarios. Autrement dit, les seules étapes présentant des variations d'un scénario à l'autre sont le transport vers la fin de vie, le traitement de fin de vie du masque et le crédit attribué pour la valorisation en fin de vie du masque.

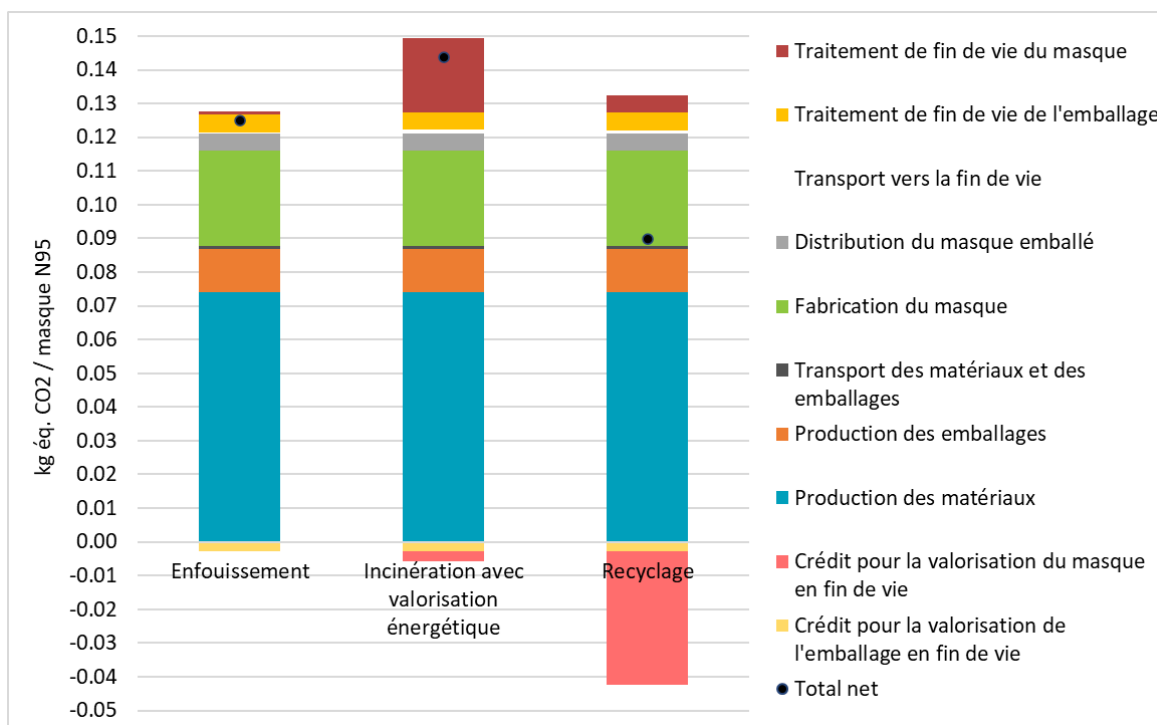


Figure 3-8 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur Changement climatique.

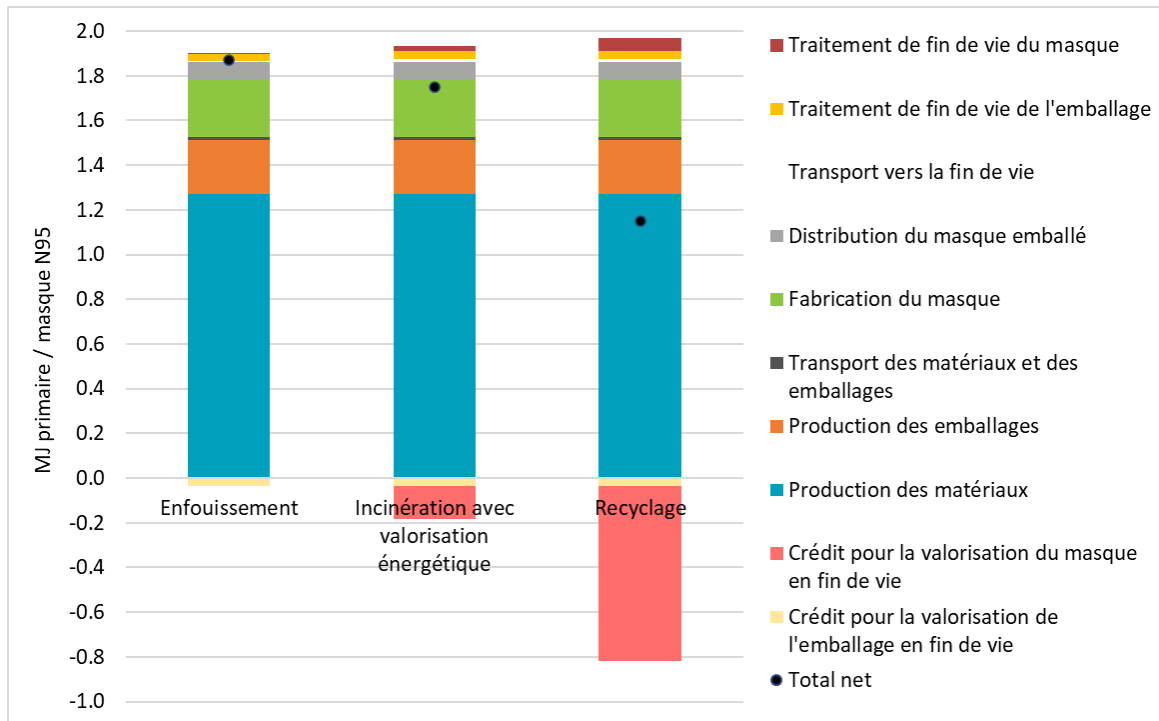


Figure 3-9 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur Utilisation d'énergie fossile et nucléaire.

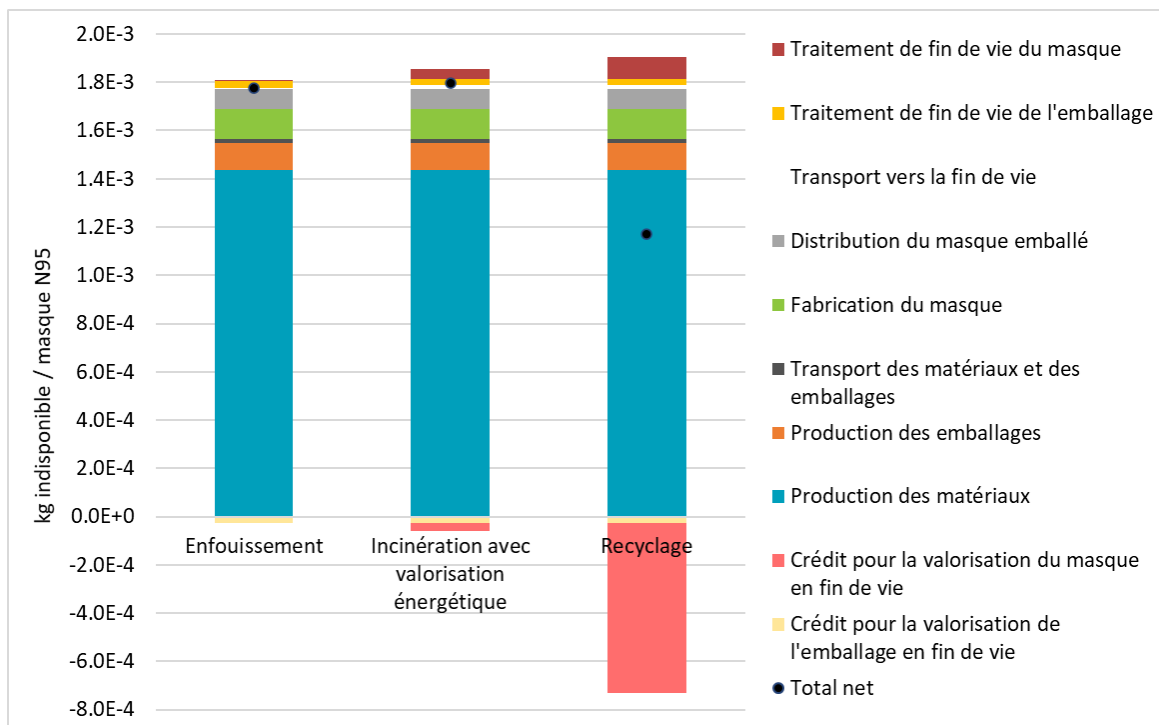


Figure 3-10 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur Utilisation de ressources minérales.

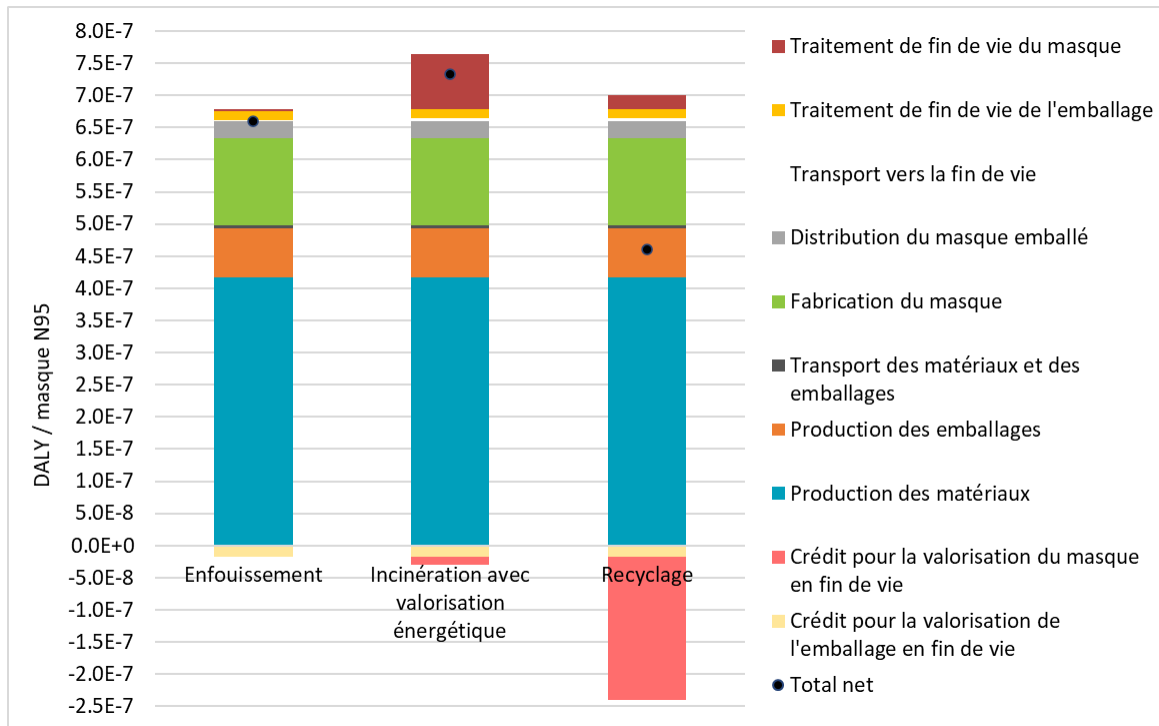


Figure 3-11 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur Santé humaine.

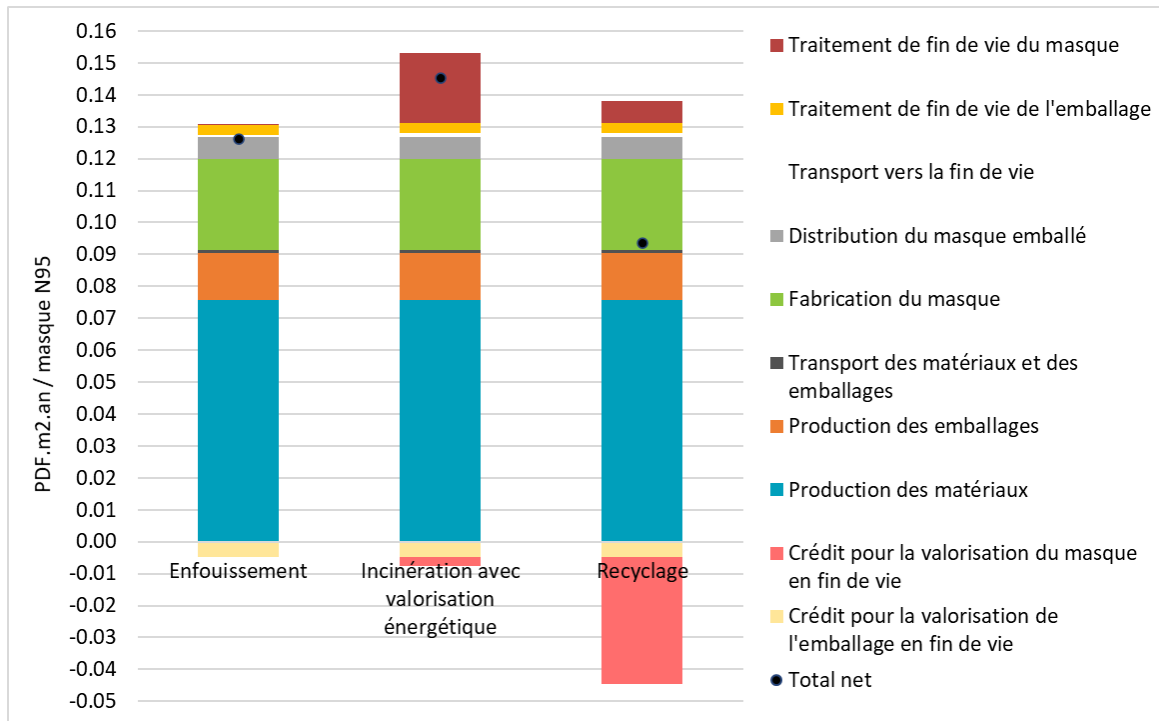


Figure 3-12 : Analyse de contribution comparative pour le masque N95 sur l'indicateur Qualité des écosystèmes.

Les observations sur les contributions positives aux résultats sont les suivantes :

- Pour tous les indicateurs et tous les scénarios à l'étude, le plus grand contributeur au résultat est la **production des matériaux**. Elle représente 50 %-77 % du résultat hors crédit ;
- Pour tous les indicateurs et tous les scénarios à l'étude, la **fabrication du masque** est le second plus grand contributeur. Elle représente 7 %-22 % des résultats hors crédit ;
- Pour tous les indicateurs et tous les scénarios à l'étude, la **production des emballages** représente 6 %-13 % des résultats hors crédit ;
- Le **traitement de fin de vie du masque** représente moins de 1 % des résultats hors crédit dans le scénario d'enfouissement. Dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique, il représente 11 %-15 % des résultats hors crédit obtenus sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*, et moins de 2 % des résultats hors crédit obtenus sur les indicateurs *Utilisation de ressources fossiles et nucléaires* et *Utilisation de ressources minérales*. Enfin, dans le scénario de recyclage, le traitement de fin de vie du masque représente 3 %-5 % des résultats hors crédit ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Concernant les crédits (dans les scénarios d'incinération avec valorisation énergétique et de recyclage), les observations sont les suivantes :

- Pour tous les indicateurs, le crédit attribué au recyclage est 5 à 22 fois plus élevé que celui attribué à la valorisation énergétique du scénario d'incinération ;
- Pour tous les indicateurs, le crédit pour la valorisation du masque en fin de vie représente 2 %-8 % des résultats hors crédit dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique et 29 %-40 % des résultats hors crédit dans le scénario de recyclage ;
- Le crédit pour la valorisation des emballages représente 1 %-4 % des résultats hors crédit pour l'ensemble des indicateurs et des scénarios étudiés.

Pour aller plus loin dans l'analyse, il est à noter que les constituants principaux du masque N95 sont la partie centrale (coque en polyester et couches de polypropylène, représentant 64 % de la masse totale du masque) et les élastiques (22 % de la masse), tandis que la barre nasale représente 10 % de la masse totale. Les résultats obtenus par l'étape de **production des matériaux** viennent principalement de la partie centrale (47 %-63 %), de la barre nasale (8 %-40 % selon l'indicateur), et des élastiques (8 %-15 %).

Enfin, pour la **fabrication du masque**, la presque totalité des résultats viennent de la consommation énergétique (>99 % pour tous les indicateurs, à l'exception d'*Utilisation des ressources minérales* pour lequel la contribution est de 59 %). La contribution de la production de la machine d'usinage est de 35 % pour l'indicateur *Utilisation des ressources minérales*, et négligeable (<1 %) pour tous les autres indicateurs. La contribution de l'infrastructure est faible voire négligeable (<6 %) pour tous les indicateurs étudiés.

Pour la **production des emballages**, le premier contributeur est le film plastique (46 %-72 %). Les contributions de la boîte et du carton sont quant à elles comprises entre 13 % et 29 % pour chacune, selon l'indicateur.

Pour le **traitement de fin de vie du masque dans le scénario d'incinération** avec valorisation énergétique, la quasi-totalité (≥ 93 %) des résultats obtenus sur les indicateurs *Changement*

climatique, Santé humaine et *Qualité des écosystèmes* viennent de l'incinération du plastique (polypropylène et polyester). Pour les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales* le premier contributeur est la boîte de collecte (respectivement 90 % et 64 % du résultat du traitement de fin de vie).

Pour le **traitement de fin de vie du masque dans le scénario de recyclage**, les résultats viennent principalement du recyclage du plastique (39 %-63 %), du fait que le masque contient une plus grande quantité de plastique que de métal. Le second contributeur est la boîte de collecte (21 %-35 %). Le troisième contributeur est le recyclage des pièces en métal (13 %-30 %), à l'exception de l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* (16 %) pour lequel l'étape de tri et de broyage du masque a une contribution de 18 % du fait des infrastructures. Pour tous les autres indicateurs, la contribution de l'étape de tri et de broyage du masque est inférieure à 3 %.

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur **Changement climatique**, 77 % à 82 % (selon le scénario de fin de vie) du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et 17 % à 21 % aux émissions de méthane (CH₄). Plus précisément, 73 %-95 % de ces émissions de CO₂ et de CH₄ sont dues aux étapes réalisées en Chine (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication du masque), dont 42 %-54 % en particulier pour la production des matériaux. Les contributions des autres GES représentent 1 % du résultat total net ;
- Pour l'indicateur **Utilisation d'énergie fossile et nucléaire**, 32 % à 39 % (selon le scénario de fin de vie) du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 37 % à 44 % aux extractions de charbon, et 21 % à 22 % aux extractions de gaz naturel. Plus précisément, 82 %-99 % de ces extractions sont dues aux étapes réalisées en Chine (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication du masque), dont 51 %-70 % en particulier pour la production des matériaux. Les contributions des autres ressources énergétiques représentent 4 % ou moins du résultat total net ;
- Pour l'indicateur **Utilisation de ressources minérales**, 47 % à 50 % (selon le scénario de fin de vie) du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 40 % à 47 % aux extractions d'argile. Plus précisément, 84 %-97 % de ces extractions sont dues aux étapes réalisées en Chine (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication du masque), dont 63 %-85 % en particulier pour la production des matériaux, en notant que les extractions ont principalement lieu pour la construction des infrastructures. Les contributions des autres ressources minérales représentent 11 % ou moins du résultat total net ;
- Pour l'indicateur **Santé humaine**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 55 % à 60 % du résultat selon le scénario de fin de vie. La contribution de l'utilisation d'eau (i.e. contributions positives des extractions d'eau, desquelles sont soustraites les contributions négatives des émissions d'eau) est de 14 % à 16 % selon le scénario. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10 % ;
- Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 73 % à 79 % du résultat selon le scénario de fin de vie. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10 %.

3.2.3 Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage

Comme mentionné à la section 2.10, les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* sont des indicateurs de niveau dommage. Cela signifie qu'ils évaluent les conséquences finales potentielles de l'ensemble des problèmes environnementaux sur ces deux enjeux.

Cette section présente donc l'analyse des contributions des différents problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*.

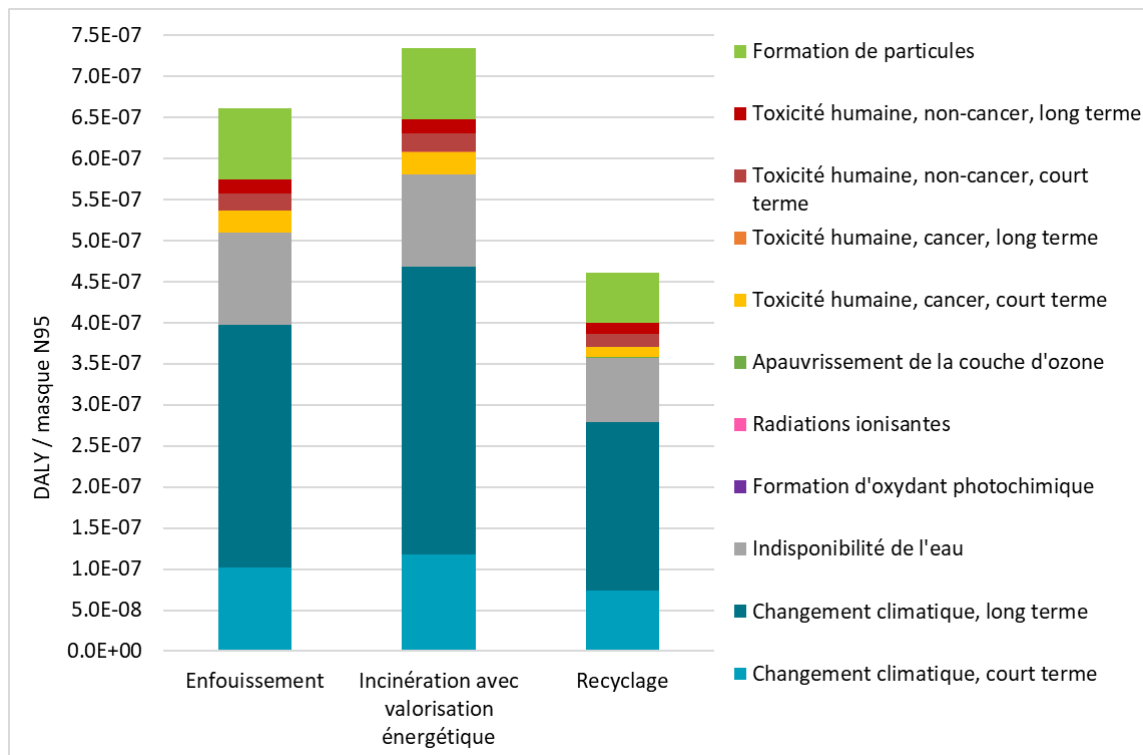


Figure 3-13 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine* pour le masque N95.

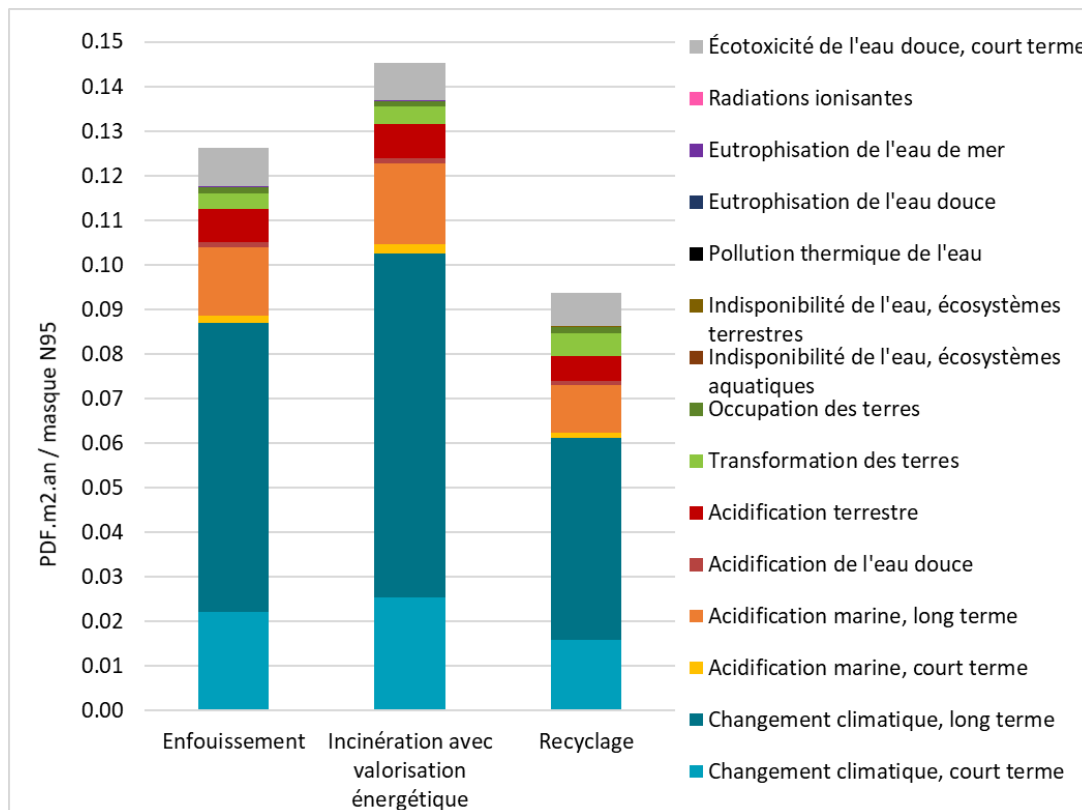


Figure 3-14 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque N95.

Rappel : L'indicateur *Qualité des écosystèmes* est représenté sans la contribution de l'écotoxicité de l'eau douce à long terme car son évaluation est jugée surestimée et trop incertaine. Une analyse de sensibilité sur son ajout est réalisée à la section 3.4.1.

Les observations sont les suivantes :

- Pour les deux indicateurs de niveau dommage, le plus grand contributeur (60 %-71 %) est le **changement climatique** (long terme et court terme). Cela explique pourquoi les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* suivaient les mêmes tendances à la section précédente ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le second contributeur est l'**indisponibilité de l'eau** (15 %-17 %) ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le troisième plus grand contributeur aux résultats est la **formation de particules** (12 %-13 %) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le second contributeur est l'**acidification marine à long terme** (11 %-13 %) ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Les contributions des étapes du cycle de vie et des substances aux indicateurs sont similaires à celles observées sur le masque de procédure, c'est-à-dire :

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.2.2) présente davantage de détails sur les activités responsables du résultat ;

En ce qui concerne la contribution de l'indicateur *Indisponibilité de l'eau* dans le résultat obtenu sur l'indicateur *Santé humaine*, elle vient principalement de l'étape de production des matériaux (65 %-66 % des contributions positives), de la production des emballages (20 %), et de la fabrication du masque (11 %). En conséquence, la grande majorité (85 %-86 %) des contributions positives sont dues à des extraction d'eau ayant lieu en Chine, causant une potentielle indisponibilité de l'eau pour les populations locales ;

Pour la formation de particules contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine*, la plupart (67 %-68 %) des émissions sont dues aux étapes réalisées en Chine, en particulier pour la production des matériaux (56 %-57 %). Note : Les flux de particules n'étant pas régionalisés dans *ecoinvent* (à la différence des flux d'eau), une analyse plus approfondie serait requise pour déterminer la part exacte des émissions ayant lieu en Chine.

La contribution de l'acidification marine aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* est due (à 98 %) aux émissions de dioxyde de carbone. Les contributions des étapes du cycle de vie au résultat sont ainsi similaires à celles obtenues sur l'indicateur *Changement climatique* et présentées à la section précédente (3.2.2). Par ailleurs, entre leur contribution au changement climatique et à l'acidification marine, les gaz à effet de serre (GES) sont responsables de 78 %-84 % des résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes*.

3.3 Qualité des données de l'inventaire

Les résultats de l'analyse de la qualité des données d'inventaire sont résumés à l'Annexe D du présent rapport.

À partir de ces analyses, il a été possible de constater que :

- La grande majorité des notes attribuées sur les 5 critères sont comprises entre 1 (meilleure note) et 3 (note moyenne) ;
- Seuls les critères de complétude et de corrélation temporelle présentent des notes supérieures à 3 pour certains processus ;
- Les processus contribuant à 11% ou plus des résultats d'indicateurs obtiennent cependant tous une note inférieure ou égale à 3 sur la complétude ;
- Parmi les processus contribuant à 11% ou plus des résultats d'indicateurs, plusieurs obtiennent une note de 4 ou de 5 sur la corrélation temporelle. Il s'agit des processus modélisant :
 - L'incinération de polypropylène (donnée *ecoinvent*) ;
 - La production de fibre polyester (donnée *ecoinvent*) ;
 - La production d'acier (donnée *ecoinvent*) ;
 - La production de caoutchouc synthétique (donnée *ecoinvent*).

L'utilisation de données plus récentes pour ces processus serait donc pertinente afin d'augmenter la représentativité et la robustesse des résultats.

Le seul de ces processus qui n'est pas commun aux trois scénarios (et peut donc influencer sur les conclusions de l'étude) est l'incinération du polypropylène. La contribution de ce processus aux résultats est supérieure ou égale à 11 % pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* (sachant que ces deux derniers incluent les enjeux du changement climatique). Au sein du processus d'incinération du polypropylène, ce sont les émissions directes de dioxyde de carbone de la combustion qui sont responsables de la majeure partie (≥ 81 %) des résultats sur ces indicateurs. En conséquence, les résultats sont directement liés au facteur d'émission de CO₂ du processus d'incinération du polypropylène. La donnée

ecoinvent utilisée est une extrapolation d'une donnée datant de l'année 2000 au contexte de l'année 2019. La valeur est par ailleurs inchangée dans la version 3.8 d'*ecoinvent* publiée en 2021. En réduisant ce facteur d'émissions de 20 % (de façon arbitraire), on constate que les résultats totaux et totaux normalisés du scénario d'incinération sont réduits de 3 % ou moins. En conséquence, les conclusions de l'étude (classement des scénarios de fin de vie) ne sont pas très sensibles au facteur d'émission.

Les paramètres les plus incertains du modèle sont par ailleurs les pertes de matières lors de la fabrication des masques (supposées incluses dans les données de matière entrante pour le masque de procédure et estimée par l'analyste pour le masque N95). Considérant l'importance de l'étape de production des matériaux dans les analyses de contribution présentées précédemment (voir sections 3.1.2 et 3.2.2), les quantités de matériaux perdues/utilisées apparaissent comme un paramètre à tester en analyse de sensibilité.

3.4 Analyses de sensibilité

L'objectif des analyses de sensibilité est de s'assurer qu'une variation de certains paramètres clés de l'étude ne remettrait pas en cause ses conclusions. Si les conclusions peuvent être remises en cause, l'objectif est alors de déterminer quelles situations seraient critiques.

Les paramètres testés ici sont :

- *Le choix des indicateurs environnementaux (inclusion de l'indicateur Écotoxicité de l'eau douce, long terme)*
- *Le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux (ReCiPe)*
- *Le choix de la méthode d'allocation pour le recyclage (cut-off)*
- *Les quantités de matériaux utilisés (+/-20 %)*
- *Les matériaux utilisés*
- *Le cas d'une incinération à Québec*
- *Le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux*
- *L'électricité évitée dans le scénario d'incinération*
- *Le lieu de fabrication du masque N95*

Dans toute cette section, la mention du « cas de base » réfère aux résultats de la section précédente.

3.4.1 Analyse de sensibilité sur le choix des indicateurs environnementaux (inclusion de l'indicateur Écotoxicité de l'eau douce, long terme)

Tel que mentionné à la section 2.10, l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* a été exclu du résultat total présenté pour la qualité des écosystèmes. Cette première analyse de sensibilité vise donc à étudier l'influence de l'ajout de cet indicateur sur les conclusions apportées pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*.

La figure suivante présente l'analyse de contribution comparative pour le masque de procédure, sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* lorsque l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* y est ajouté. Les résultats pour le masque N95 présentant une allure similaire, ils ne sont pas présentés dans le rapport mais disponibles en Annexe E.

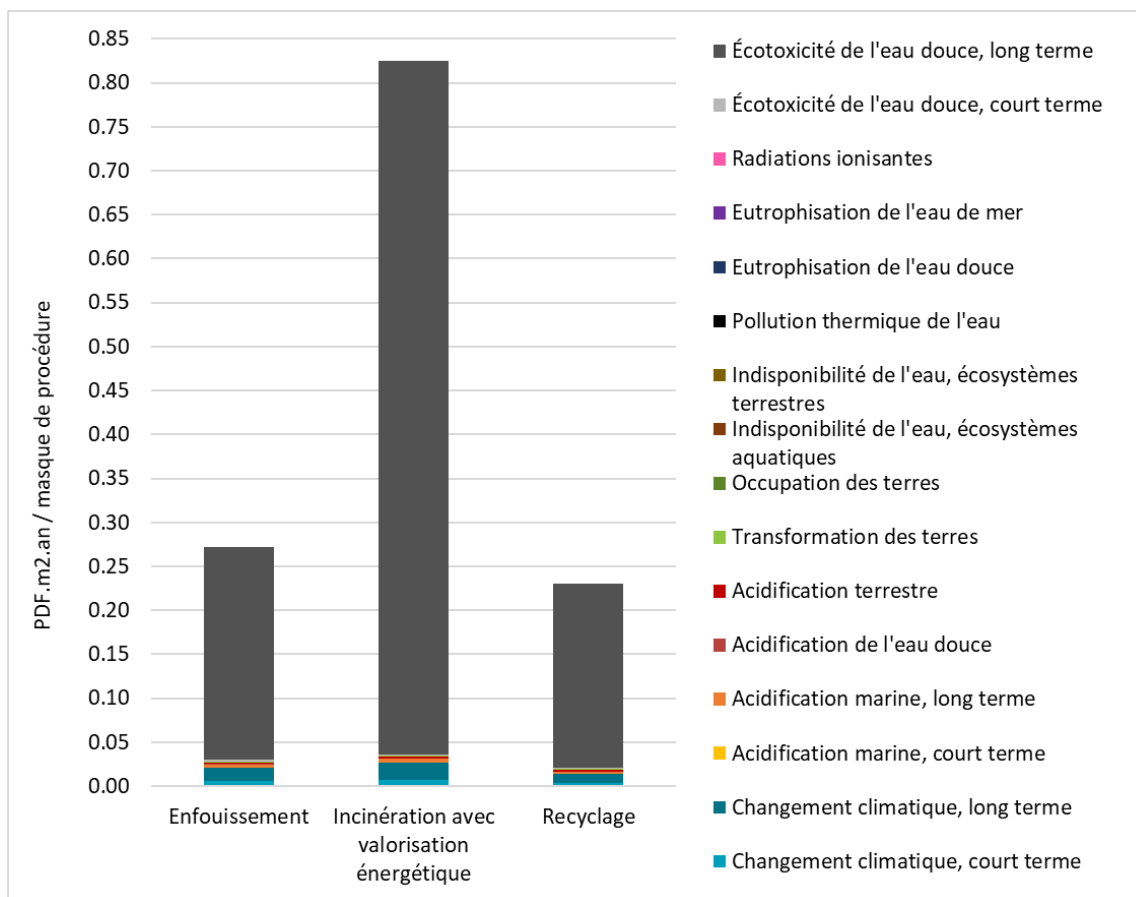


Figure 3-15 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* en incluant l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* pour le masque de procédure.

Lorsque l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* est ajouté, il domine les résultats de l'indicateur *Qualité des écosystèmes*. En effet, pour tous les scénarios et pour les deux masques, sa contribution est de plus de 89 %.

Le classement des scénarios de fin de vie sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* n'est en revanche pas affecté par l'inclusion de l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme*. Cependant, la différence relative entre les scénarios est modifiée. Lorsque l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* est inclus, les scénarios d'enfouissement et de recyclage obtiennent des résultats respectivement 62 %-67 % (selon le masque considéré) et 67 %-72 % plus faibles que ceux des scénarios d'incinération avec valorisation énergétique (contre 13 %-18 % et 36 %-42 % dans le cas de base).

Il est à noter que les substances contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* sont des émissions de métaux et principalement (>82 % pour les trois scénarios) des émissions d'aluminium dans l'eau. Ces émissions sont en particulier générées dans des processus d'incinération et représentent le fait que les résidus d'incinération seront enfouis, et qu'à très long terme les métaux contenus dans ces résidus se retrouveront dans l'eau (nappes phréatiques). C'est pourquoi le résultat obtenu par le scénario d'incinération avec valorisation énergétique est largement supérieur aux autres.

Cependant, l'impact de ces métaux est aujourd'hui considéré comme surestimé et fortement incertain pour deux raisons principales :

1. Les facteurs de caractérisation de cette catégorie d'impact sont issus des plus récents travaux de USEtox (v2.02) mais comportent tout de même plusieurs sources d'incertitude. En effet, ils n'incluent pas encore : i) le type de sol lors de la déposition des métaux sur le sol et la spéciation associée des métaux dans les sols, ni ii) le transfert des métaux des sols vers l'eau souterraine pour déterminer la fraction du métal qui rejoint ultimement les eaux de surface, ni iii) l'essentialité des métaux.
2. Les résultats de la catégorie *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* proviennent principalement des émissions à long terme de métaux dans les processus de traitement de déchets. Or, la modélisation de ces émissions à long terme dans les processus de traitement de déchets issus d'*ecoinvent* est considérée comme très incertaine et probablement surestimée. En effet, des coefficients très élevés sont utilisés pour représenter le transfert des métaux contenus dans les déchets vers l'environnement pour la plupart des métaux, et la majorité de ces émissions ont lieu à long terme dans les eaux souterraines, alors que ces émissions devraient être diluées avec le temps menant à des concentrations en métal plus faibles à long terme avec donc moins d'impact.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Le classement des scénarios de fin de vie est conservé mais les différences relatives entre scénarios sont modifiées lorsque l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* est inclus dans l'indicateur *Qualité des écosystèmes*. Cependant, cet indicateur est considéré surestimé et très incertain. La recommandation reste donc de l'exclure.

3.4.2 Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux

Dans le cas de base, la méthode IMPACT World+ est utilisée pour l'évaluation des impacts environnementaux. Cette analyse de sensibilité vise à évaluer si les conclusions de l'étude seraient modifiées en utilisant une autre méthode. La méthode choisie est ReCiPe (version 2016 1.02 Hiérarchiste) ([Huijbregts et al., 2017](#)).

Les tableaux suivants présentent la comparaison des résultats totaux normalisés obtenus avec IMPACT World+ et ReCiPe, pour le masque de procédure et le masque N95. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Tableau 3-3 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour le masque de procédure.

Indicateur	Scénario	Résultat total normalisé IMPACT World+	Résultat total normalisé ReCiPe
Changement climatique	Enfouissement	82 %	82 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	56 %	56 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	100 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	92 %	99 %
	Recyclage	53 %	53 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	98 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	99 %
	Recyclage	75 %	47 %
Santé humaine	Enfouissement	86 %	92 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	58 %	63 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	82 %	89 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	58 %	62 %

Tableau 3-4 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour le masque N95.

Indicateur	Scénario	Résultat total normalisé IMPACT World+	Résultat total normalisé ReCiPe
Changement climatique	Enfouissement	87 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	63 %	63 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	100 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	94 %	99 %
	Recyclage	62 %	62 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	99 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	99 %
	Recyclage	65 %	43 %
Santé humaine	Enfouissement	90 %	94 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	63 %	67 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	87 %	92 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	64 %	67 %

Les résultats totaux normalisés obtenus avec la méthode ReCiPe sont très proches de ceux obtenus avec la méthode IMPACT World+. La seule différence notable se trouve pour le scénario de recyclage, sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* : la méthode ReCiPe donne des avantages respectifs de 53 % et 57 % aux scénarios de recyclage des masques de procédure et N95, tandis que la méthode IMPACT World+ les évaluait respectivement à 25 % et 35 %. Observer des différences sur les indicateurs d'utilisation des ressources minérales entre ces deux méthodes est cependant attendu car les indicateurs sont totalement différents (ne caractérisent pas exactement les mêmes flux élémentaires, et pas de la même manière). En l'occurrence, le premier contributeur (31 %-54 %) au résultat obtenu avec la méthode ReCiPe est l'aluminium pour tous les scénarios du masque de procédure, alors qu'il s'agissait du fer et de l'argile avec la méthode IMPACT World+. Le crédit attribué au recyclage de la barre nasale permet ainsi de fortement réduire ce résultat. Dans le cas du masque N95, la même remarque s'applique pour la barre nasale en aluminium. On note également que des extractions d'or dans l'arrière-plan apparaissent comme premier contributeur dans tous les scénarios du masque N95, et que le crédit attribué au recyclage de la barre nasale en aluminium permet de fortement réduire le résultat associé, d'où les observations précédentes. Cela étant dit, les observations générales sur cet indicateur (i.e. le fait que les résultats des scénarios d'enfouissement et d'incinération avec valorisation énergétique sont proches et que celui du recyclage leur est inférieur) sont maintenues.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions générales de l'étude (i.e. scénarios obtenant les résultats les plus élevés et les plus faibles, cas où les résultats sont peu différenciés, ...) sont maintenues avec la méthode ReCiPe.

3.4.3 Analyse de sensibilité sur la méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie

Dans le cas de base, la multifonctionnalité du recyclage en fin de vie (les deux fonctions étant de gérer une matière en fin de vie et de fournir une matière utilisable) a été traitée par extension des frontières. Cela signifie que les impacts potentiels du processus de recyclage ont été comptabilisés et qu'un crédit a été alloué pour la production de matière vierge évitée du fait de la production d'une matière recyclée.

Tel que mentionné à la section 2.5, l'autre approche commune (entre autres utilisée dans la base de données *ecoinvent* sur laquelle se base la modélisation de l'arrière-plan des systèmes) est la règle de coupure ou approche « *cut-off* ». Elle consiste à comptabiliser les impacts potentiels du processus de recyclage dans le cycle de vie du produit fabriqué avec la matière recyclée et non dans le cycle de vie de la matière étant recyclée en fin de vie. En d'autres termes, cela revient à ne comptabiliser aucun impact pour les processus de recyclage en fin de vie (y compris le transport de fin de vie et l'étape de tri), et à ne pas attribuer de crédit.

Cette analyse de sensibilité applique l'approche « *cut-off* » aux trois scénarios. Le scénario d'enfouissement est affecté par cette modification au niveau du recyclage des emballages, le scénario d'incinération l'est pour le recyclage des emballages et de la boîte de collecte ainsi que pour la modélisation du contenu en recyclé de la boîte de collecte, et le scénario de recyclage l'est pour le recyclage des emballages, de la boîte de collecte et du masque, ainsi que pour la modélisation du contenu en recyclé de la boîte de collecte.

Cette section présente les résultats obtenus pour les deux masques selon les trois scénarios à l'étude, avec chacune des deux approches. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Tableau 3-5 : Analyse de sensibilité sur la méthode d'allocation pour le recyclage en fin de vie (résultats totaux normalisés).

Indicateur	Scénario	Masque de procédure		Masque N95	
		Extension des frontières	Règle de coupure (« cut-off »)	Extension des frontières	Règle de coupure (« cut-off »)
Changement climatique	Enfouissement	82%	80%	87%	85%
	Incinération avec valorisation énergétique	100%	100%	100%	100%
	Recyclage	56%	81%	63%	86%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	100%	98%	100%	99%
	Incinération avec valorisation énergétique	92%	100%	94%	100%
	Recyclage	53%	100%	62%	100%
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	98%	95%	99%	98%
	Incinération avec valorisation énergétique	100%	100%	100%	100%
	Recyclage	75%	98%	65%	99%
Santé humaine	Enfouissement	86%	85%	90%	89%
	Incinération avec valorisation énergétique	100%	100%	100%	100%
	Recyclage	58%	86%	63%	90%
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	82%	80%	87%	85%
	Incinération avec valorisation énergétique	100%	100%	100%	100%
	Recyclage	58%	81%	64%	86%

Les conclusions de l'étude (classement des scénarios de fin de vie et valeurs des différences) sont modifiées lorsque la méthode d'allocation change.

En effet, pour les deux masques, avec la méthode de la règle de coupure :

- Les résultats obtenus par les scénarios d'enfouissement et de recyclage sont très peu différenciés ($\leq 5\%$) pour l'ensemble des indicateurs étudiés ;
- Les résultats obtenus par les trois scénarios de fin de vie sont très peu différenciés ($\leq 5\%$) sur les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales* ;
- Le scénario d'incinération avec valorisation énergétique obtient les résultats les plus élevés sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* ;
- Les scénarios d'enfouissement et de recyclage présentent des résultats 10 % à 20 % inférieurs à ceux du scénario d'incinération sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Le choix de la méthode d'allocation du recyclage modifie fortement les conclusions (classement des filières et différence entre les scénarios) de l'étude. Avec la méthode de la règle de coupure, le scénario de recyclage ne présente plus d'avantage significatif par rapport au scénario d'enfouissement, et le scénario d'incinération avec valorisation énergétique obtient des résultats égaux ou supérieurs à ceux du scénario d'enfouissement.

3.4.4 Analyse de sensibilité sur les quantités de matériaux

Les analyses de contribution ont illustré que, pour tous les indicateurs, tous les scénarios, et les deux masques, le plus grand contributeur aux résultats d'indicateurs est l'étape de production des matériaux. Par ailleurs, l'analyse de qualité a identifié que les données sur les masses de matériaux et les pertes de matières lors des procédés de fabrication des masques étaient incertaines.

En conséquence, cette analyse de sensibilité vise à évaluer la variabilité des résultats totaux lorsque les données et hypothèses relatives aux matériaux sont modifiées. Elle évalue ainsi une variation dans la quantité de matériaux requis, ainsi que dans le choix des matériaux utilisés lorsque d'autres options sont actuellement connues ou envisagées pour un futur proche.

Les trois scénarios comparés sont le cas de base, le cas où les masques contiendraient 20 % de matière en plus, et le cas où ils contiendraient 20 % de matière en moins. Il est à noter que cette variation couvre les différences qui seraient induites par une variation des pertes de matières lors de la fabrication du masque. En effet, une telle variation des pertes influencerait les étapes de production des matériaux uniquement, tandis que la variation étudiée ci-dessous impacte la production des matériaux, les étapes de transport (puisque la masse du masque change) et le traitement de fin de vie des masques.

Les résultats totaux normalisés varient très peu (± 3 % par rapport au cas de base, voir Annexe E pour plus les résultats détaillés) lorsque la masse des masques varie de ± 20 %. En conséquence, le classement des scénarios de fin de vie et les ordres de grandeur des différences entre les scénarios observés dans le cas de base restent valides.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions de l'étude sont maintenues lorsque la quantité de matériaux contenus dans les masques varient de ± 20 %.

3.4.5 Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés

Une certaine composition de masques a été choisie dans le cas de base (voir section 2.2), mais d'autres compositions sont connues ou envisagées.

Pour le masque de procédure, la barre nasale peut être en fer. La production de masques constitués à 100 % de polypropylène est également envisagée car elle permettrait de faciliter le recyclage des masques.

Pour le masque N95 à coque, les variations de compositions principales retrouvées dans la littérature sont le fait que les élastiques peuvent être en polyester (et non en polyisoprène, c'est-à-dire en caoutchouc synthétique, comme dans le cas de base), et que le masque peut ne pas comporter d'agrafes. D'autres variations peuvent être observées, mais elles sont moins courantes et ne sont pas étudiées ici.

Note : Les traitements de fin de vie sont inchangés, autrement dit dans le scénario de recyclage tous les matériaux sont recyclés.

Cette analyse de sensibilité compare ainsi les résultats totaux normalisés obtenus avec ces modifications de composition, et les compare à ceux du cas de base afin d'évaluer si les conclusions de l'étude sont remises en question.

Il est à noter que seuls les matériaux sont modifiés et qu'il est supposé que les masses des différents éléments sont inchangées. Cependant, d'après les résultats de l'analyse de sensibilité précédente, cela ne pose pas d'enjeu sur les conclusions de l'analyse.

Le tableau suivant présente l'analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque de procédure. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Tableau 3-6 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque de procédure.

Indicateur	Scénario	Résultat total normalisé cas de base	Résultat total normalisé barre en fer	Résultat total normalisé 100 % PP
Changement climatique	Enfouissement	82 %	77 %	74 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	56 %	61 %	55 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	100 %	100 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	92 %	91 %	91 %
	Recyclage	53 %	56 %	51 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	98 %	99 %	97 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	75 %	53 %	81 %
Santé humaine	Enfouissement	86 %	82 %	75 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	58 %	65 %	65 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	82 %	77 %	72 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	58 %	65 %	59 %

L'utilisation de fer plutôt que d'aluminium pour la barre nasale tend à réduire les résultats obtenus (-9 % à -28 %) sur les indicateurs *Changement climatique*, *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*. En revanche, elle tend à les augmenter (+40 % à +101 %) sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* car les facteurs de caractérisation du minerai de fer et de la bauxite sont différents. En effet, la méthode IMPACT World+ considère que la bauxite est une ressource abondante et facilement substituable, et lui attribue par conséquent un facteur de caractérisation nul (De Bruille, 2014). Substituer la bauxite par un autre minéral induit donc une augmentation des résultats sur l'utilisation des ressources minérales. Cependant, puisque des variations de résultats sont appliquées sur l'ensemble des scénarios, les variations des résultats totaux normalisés restent faibles ($\leq 7\%$), à l'exception du résultat pour le scénario de recyclage sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* (-22 %).

Avec du polypropylène (provenant de Chine) pour la barre nasale et les boucles auriculaires (au lieu d'aluminium et de polyester) les résultats sont 14 % à 34 % plus faibles selon l'indicateur. Par ailleurs, cette modification pourrait faciliter le recyclage des masques de procédure puisqu'ils ne contiendraient alors qu'un matériau et n'auraient pas besoin d'être séparés. Cet aspect ne transparaît pas dans les résultats d'analyse du cycle de vie mais devra être pris en compte dans les décisions que RECYC-QUÉBEC pourra prendre.

Puisque des variations de résultats sont appliquées sur l'ensemble des scénarios, les variations des résultats totaux normalisés restent faibles ($\leq 11\%$). Il est par ailleurs à noter que la

comparaison ci-dessus considère chaque traitement de fin de vie de façon séparée, et ne permet pas d'illustrer l'éventuelle augmentation du taux de recyclage des masques qui pourrait être permise par le fait qu'ils ne contiennent qu'un matériau.

Conclusion de cette analyse de sensibilité pour le masque de procédure : Les conclusions générales de l'étude (classement des scénarios de fin de vie) sont maintenues avec les variations de composition du masque de procédure étudiée. Les ordres de grandeur des différences de résultats entre les traitements sont également maintenus, à l'exception de l'avantage du scénario de recyclage sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* (atteignant 47 %).

Le tableau suivant présente l'analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque N95. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Tableau 3-7 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque N95.

Indicateur	Scénario	Résultat total normalisé cas de base	Résultat total normalisé boucles en polyester	Résultat total normalisé sans agrafes
Changement climatique	Enfouissement	87 %	88 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	63 %	63 %	63 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	100 %	100 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	94 %	94 %	94 %
	Recyclage	62 %	63 %	62 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	99 %	99 %	99 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	65 %	66 %	80 %
Santé humaine	Enfouissement	90 %	91 %	90 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	63 %	64 %	63 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	87 %	88 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	64 %	66 %	65 %

Le changement de matériaux pour les boucles auriculaires influence très peu (≤ 3 %) les résultats d'indicateurs obtenus.

Le retrait des agrafes induit une réduction des résultats obtenus sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* de 24 % pour les scénarios d'enfouissement et d'incinération avec valorisation énergétique (dans le scénario de recyclage, puisqu'un évitement de matière est crédité pour les agrafes, le résultat total varie très peu qu'elles soient présentes ou non (<1 %)). Pour les autres indicateurs, le retrait des agrafes influence très peu les résultats (≤ 2 %).

Cependant, puisque les modifications de résultats sont appliquées sur l'ensemble des scénarios, les variations des résultats totaux normalisés restent faibles (<7 %), à l'exception de l'indicateur

Utilisation de ressources minérales pour le cas du retrait des agrafes où l'avantage du recyclage passe de 35 % (cas de base) à 20 %.

Conclusion de cette analyse de sensibilité pour le masque N95 : Les conclusions générales de l'étude (classement des scénarios de fin de vie) sont maintenues avec les variations de composition du masque de procédure étudiée. Les ordres de grandeur des différences de résultats entre les traitements sont également maintenus, à l'exception de l'avantage du scénario de recyclage sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* (-15 %).

3.4.6 Analyse de sensibilité sur le cas d'une incinération à Québec

Bien que seuls les déchets de la ville de Québec y soient généralement envoyés, l'incinérateur de la Ville de Québec peut aussi accueillir des masques en fin de vie. L'incinérateur de Québec utilise la chaleur produite par l'incinération pour produire de la vapeur qui est ensuite partiellement utilisée par l'incinérateur lui-même, partiellement envoyée à des papeteries, et partiellement émise à l'atmosphère (surplus). La vapeur envoyée aux papeteries leur permet d'éviter d'avoir à générer de la chaleur à partir de gaz naturel pour leur procédé.

En se basant sur les quantités de chaleur et de déchets fournies par notre contact à la Ville de Québec pour l'année 2020, la quantité de vapeur valorisée représente 1500 kWh / tonne de déchets incinérés. Cependant, il s'agit d'un mélange de déchets dont le pouvoir calorifique varie d'un matériau à l'autre. En ajustant cette valeur selon le ratio entre le pouvoir calorifique du polypropylène (supposé équivalent pour la totalité des masques étant donnée leur composition) et celui des déchets municipaux fournis par *ecoinvent*, on obtient que les masques de procédure et N95 permettent respectivement d'éviter la production de 0,013 et 0,043 kWh de chaleur industrielle par masque. À titre de comparaison, d'après le site de Covanta, l'incinération aux États-Unis permet de produire 625 kWh d'électricité par tonne de déchets ce qui, une fois ajusté en fonction des pouvoirs calorifiques, revient à 0,0056 et 0,018 kWh d'électricité par masque de procédure et N95.

Une distance de transport de 100km entre l'utilisateur et l'incinérateur est également utilisée dans cette analyse de sensibilité, en remplacement des 500km du cas de base entre l'utilisateur et l'incinérateur situé aux États-Unis. Tel qu'illustré aux sections 3.1.2 et 3.2.2, la contribution de cette étape de transport vers la fin de vie aux résultats d'indicateurs environnementaux est de toute façon négligeable devant celle des autres étapes du cycle de vie.

Les résultats obtenus pour le masque de procédure sont comparés à ceux des trois scénarios du cas de base dans le tableau ci-dessous. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale. Les observations (tendances et pourcentages de variation) sont similaires pour le masque N95 et sont présentées à l'Annexe E.

Il est à noter que cette analyse de sensibilité ne remplace pas une analyse du cycle de vie complète qui, en intégrant des données primaires, permettrait de fournir des résultats précis et plus robustes.

Tableau 3-8 : Analyse de sensibilité sur le cas d'une incinération à Québec pour le masque de procédure.

Indicateur	Scénario	Résultat sans le crédit de valorisation du masque normalisé	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	80 %	82 %
	Incinération États-Unis	100 %	100 %
	Incinération Québec	99 %	91 %
	Recyclage	84 %	56 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	96 %	100 %
	Incinération États-Unis	98 %	92 %
	Incinération Québec	97 %	88 %
	Recyclage	100 %	53 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	87 %	98 %
	Incinération États-Unis	94 %	100 %
	Incinération Québec	92 %	97 %
	Recyclage	100 %	75 %
Santé humaine	Enfouissement	84 %	86 %
	Incinération États-Unis	100 %	100 %
	Incinération Québec	99 %	94 %
	Recyclage	88 %	58 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	80 %	82 %
	Incinération États-Unis	100 %	100 %
	Incinération Québec	99 %	92 %
	Recyclage	86 %	58 %

Lorsqu'on ne considère pas les crédits alloués à la valorisation en fin de vie des masques, les résultats obtenus par le scénario d'incinération à Québec sont très similaires (différence de 2 % ou moins) à ceux du scénario d'incinération aux États-Unis. Cela s'explique par le fait que la seule différence se trouve alors dans la distance de transport vers la fin de vie, et que tel qu'illustré à la section 3.1.2, le transport vers la fin de vie a une contribution négligeable devant celle des autres étapes du cycle de vie.

En tenant compte des crédits, les résultats obtenus par les deux scénarios d'incinération sont peu différenciés (différence de 9 % ou moins). Le scénario d'incinération à Québec est celui obtenant les résultats légèrement plus faibles car le crédit alloué à la chaleur évitée par la valorisation de la vapeur à l'incinérateur de Québec est plus grand que le crédit alloué à l'électricité évitée par la valorisation de la vapeur à l'incinérateur de Covanta.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions de l'étude sont maintenues même si l'incinération a lieu à Québec et non aux États-Unis.

3.4.7 Analyse de sensibilité sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux

Dans le cas de base, il était supposé que tous les matériaux constituant les masques étaient recyclés séparément, et un crédit était alloué pour chacun d'entre eux. Dans les faits, il est possible qu'il soit difficile de recycler certaines composantes car l'entreprise de collecte n'en recevrait pas assez pour en faire des ballots de matière recyclée à vendre, ou car aucun acheteur ne se montrerait intéressé par certaines d'entre elles.

Cette analyse de sensibilité considère donc un scénario de recyclage où seules les parties centrales (i.e. filtre et couches superposées au filtre) sont recyclées, et les autres sont enfouies. Dans le cas du masque de procédure, cela signifie que la seule matière recyclée est le propylène, et dans le cas du masque N95 cela implique le recyclage de polypropylène et de polyester (pour la coque).

Les résultats pour le masque de procédure sont présentés dans le tableau ci-dessous. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Tableau 3-9 : Analyse de sensibilité sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux pour le masque de procédure.

Indicateur	Scénario	Résultat sans le crédit de valorisation du masque normalisé	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	80 %	82 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	84 %	56 %
	Recyclage restreint	83 %	72 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	96 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	98 %	92 %
	Recyclage	100 %	53 %
	Recyclage restreint	99 %	68 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	87 %	98 %
	Incinération avec valorisation énergétique	94 %	100 %
	Recyclage	100 %	75 %
	Recyclage restreint	98 %	90 %
Santé humaine	Enfouissement	84 %	86 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	88 %	58 %
	Recyclage restreint	87 %	76 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	80 %	82 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	86 %	58 %
	Recyclage restreint	85 %	75 %

Lorsqu'on ne tient pas compte des crédits alloués à la valorisation du masque en fin de vie, les résultats obtenus par les scénarios de recyclage et de recyclage restreint sont très proches (2 % de différence ou moins). Cela s'explique par le fait que la seule différence se trouve dans le traitement de fin de vie des boucles auriculaires et de la barre nasale (recyclage ou enfouissement).

En tenant compte des crédits, les résultats obtenus par le recyclage augmentent de 19 % à 31 % lorsque le recyclage est restreint. Cela vient du fait que le scénario de recyclage bénéficie alors d'un crédit moins important (pas de crédit de production d'aluminium et de polyester vierge évitée). Bien que cela ne change pas le classement des scénarios de fin de vie, cela vient réduire l'avantage du scénario de recyclage vis-à-vis du scénario obtenant le plus grand résultat à 10 %-32 % selon l'indicateur (contre 25 %-47 % dans le cas de base).

Les résultats pour le masque N95 sont présentés dans le tableau suivant. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100 % est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur maximale.

Tableau 3-10 : Analyse de sensibilité sur le cas du recyclage d'un éventail restreint de matériaux pour le masque N95.

Indicateur	Scénario	Résultat sans le crédit de valorisation du masque normalisé	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	85 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	88 %	63 %
	Recyclage restreint	88 %	78 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	97 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	98 %	94 %
	Recyclage	100 %	62 %
	Recyclage restreint	99 %	79 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	95 %	99 %
	Incinération avec valorisation énergétique	97 %	100 %
	Recyclage	100 %	65 %
	Recyclage restreint	99 %	93 %
Santé humaine	Enfouissement	89 %	90 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	92 %	63 %
	Recyclage restreint	91 %	81 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	85 %	87 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %
	Recyclage	90 %	64 %
	Recyclage restreint	89 %	81 %

Pour le masque N95, les tendances sont les mêmes, mais les plages de variation diffèrent :

- Les résultats hors crédit varient de 1 % ou moins entre le scénario de recyclage et le scénario de recyclage restreint ;
- Les résultats totaux varient de 25 % à 42 % selon l'indicateur ;
- L'avantage du scénario de recyclage se trouve réduit à 7 %-22 % selon l'indicateur (contre 35 %-38 % dans le cas de base).

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Le classement des scénarios de fin de vie est maintenu lorsque le recyclage est restreint. En revanche, l'avantage du scénario de recyclage vis-à-vis du scénario obtenant le plus grand résultat est fortement réduit.

3.4.8 Analyse de sensibilité sur l'électricité évitée dans le scénario d'incinération

Dans le scénario d'incinération avec valorisation énergétique, un crédit est attribué du fait de la génération d'électricité. Dans le cas de base, le bouquet électrique moyen de la zone géographique en question (« upstate New York », noté NYUP dans les tableaux suivants) est utilisé pour la modélisation du crédit. Cette analyse de sensibilité modélise plutôt le crédit en considérant les filières énergétiques les plus susceptibles d'être évitées.

D'après l'U.S. [EPA](#), dans la région où se situe l'usine d'incinération le bouquet électrique est composé de gaz naturel, d'hydroélectricité, de nucléaire, de biomasse, d'éolien et de solaire. Puisqu'il est peu probable que le nucléaire, la biomasse, l'éolien ou le solaire soient la filière marginale évitée⁴, les filières marginales les plus susceptibles d'être évitées sont le gaz naturel et l'hydroélectricité.

Cette analyse modélise donc les cas où l'électricité évitée est à 100 % issue du gaz naturel et à 100 % constituée d'hydroélectricité. Note : Les bouquets technologiques (e.g. hydroélectricité issue de réservoir ou au fil de l'eau) de chacune des deux filières sont maintenus identiques à ceux du cas de base.

Tableau 3-11 : Analyse de sensibilité sur l'électricité évitée dans le scénario d'incinération, pour le masque de procédure.

Indicateur	Scénario	Résultat sans le crédit de valorisation du masque normalisé	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	80 %	81 %
	Incinération, mix NYUP	100 %	98 %
	Incinération, hydro	100 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	100 %	92 %
	Recyclage	84 %	55 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	96 %	100 %
	Incinération, mix NYUP	98 %	92 %
	Incinération, hydro	98 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	98 %	90 %
	Recyclage	100 %	53 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	87 %	97 %
	Incinération, mix NYUP	94 %	100 %
	Incinération, hydro	94 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	94 %	99 %
	Recyclage	100 %	75 %
Santé humaine	Enfouissement	84 %	85 %
	Incinération, mix NYUP	100 %	99 %
	Incinération, hydro	100 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	100 %	95 %
	Recyclage	88 %	57 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	80 %	80 %
	Incinération, mix NYUP	100 %	98 %
	Incinération, hydro	100 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	100 %	93 %
	Recyclage	86 %	57 %

⁴ Source : Avis d'expert appuyé par les références ([EPA, 2018](#)), ([Vandepaer et al., 2018](#)) et ([Dandres et al., 2016](#)).

Tableau 3-12 : Analyse de sensibilité sur l'électricité évitée dans le scénario d'incinération, pour le masque N95.

Indicateur	Scénario	Résultat sans le crédit de valorisation du masque normalisé	Résultat total normalisé
Changement climatique	Enfouissement	85 %	85 %
	Incinération, mix NYUP	100 %	98 %
	Incinération, hydro	100 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	100 %	94 %
	Recyclage	88 %	62 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	97 %	100 %
	Incinération, mix NYUP	98 %	94 %
	Incinération, hydro	98 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	98 %	92 %
	Recyclage	100 %	61 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	95 %	99 %
	Incinération, mix NYUP	97 %	100 %
	Incinération, hydro	97 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	97 %	100 %
	Recyclage	100 %	65 %
Santé humaine	Enfouissement	89 %	89 %
	Incinération, mix NYUP	100 %	99 %
	Incinération, hydro	100 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	100 %	96 %
	Recyclage	92 %	62 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	85 %	86 %
	Incinération, mix NYUP	100 %	99 %
	Incinération, hydro	100 %	100 %
	Incinération, gaz naturel	100 %	95 %
	Recyclage	90 %	64 %

Puisque seul le crédit est modifié, les résultats normalisés sans le crédit de valorisation du masque sont identiques entre les trois scénarios d'incinération.

En revanche, les résultats totaux (nets) varient de 0,4 % à 10 % d'un scénario d'incinération à l'autre, dépendamment de l'indicateur et du masque.

Le classement des scénarios de fin de vie reste identique peu importe le cas considéré pour l'incinération, à l'exception de l'indicateur *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire*. Pour ce dernier, si l'électricité évitée est l'hydroélectricité, alors les scénarios d'enfouissement et d'incinération obtiennent des résultats similaires (tandis que dans le cas de base, ils présentaient une différence de 6 % à 8 % selon le masque, à l'avantage du scénario d'incinération). Une différence de 8 % étant cependant considérée comme faible du fait des incertitudes, la conclusion sur l'indicateur *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* reste que le scénario de recyclage obtient un résultat total inférieur à ceux des scénarios d'enfouissement et d'incinération qui, eux, obtiennent des résultats peu (ou pas) différenciés.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions de l'étude sont maintenues lorsque l'électricité utilisée est uniquement issue de gaz naturel ou uniquement constituée d'hydroélectricité.

3.4.9 Analyse de sensibilité sur le lieu de fabrication du masque N95

Comme mentionné à la section 2.9, RECYC-QUÉBEC et le CAG estiment que la provenance la plus probable pour les masques N95 est la Chine. Cependant, certaines compagnies comme 3M mentionnent fabriquer des masques N95 dans d'autres pays, en particulier [aux États-Unis](#) et au Canada ([Ontario](#) et [Québec](#) en particulier).

Note : Dans le cas des masques de procédure, la question de la provenance se pose beaucoup moins car les approvisionnements du CAG étaient uniformes (peu de différences d'un modèle à l'autre, peu de fournisseurs, fournisseurs chinois) au contraire des approvisionnements en masques N95 qui étaient beaucoup plus diversifiés.

Cette analyse de sensibilité réévalue donc les résultats du masque N95 selon les trois scénarios de fin de vie, lorsque celui-ci est fabriqué aux États-Unis, en Ontario ou au Québec.

La provenance des matériaux (pour le masque comme pour son emballage) n'étant pas connue, une moyenne mondiale est utilisée (à la différence du cas de base qui considérerait des matériaux chinois et une fabrication chinoise). Les bouquets électriques utilisés pour la fabrication du masque sont modifiés pour chacun des cas. Dans le cas des États-Unis, il est considéré que le masque est fabriqué dans la partie Nord-Est du pays du fait de sa proximité avec le Québec, donc le sous-réseau NPCC est utilisé. Les distances de transport jusqu'à l'utilisateur sont également réévaluées. Les distances moyennes mondiales sont utilisées pour le transport des matériaux entre leur lieu de production et l'usine de fabrication du masque. Entre l'usine de fabrication du masque et l'utilisateur, un transport de 200 km de camion et 1000 de porte-conteneur est utilisé pour le cas des États-Unis, tandis que respectivement 300 et 100 km de camion sont considérés pour les cas de l'Ontario et du Québec.

Les résultats totaux normalisés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3-13 : Résultats totaux normalisés pour le masque N95, selon le lieu de fabrication du masque.

Indicateur	Scénario	Chine	États-Unis	Ontario	Québec
Changement climatique	Enfouissement	87 %	83 %	82 %	82 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	63 %	50 %	49 %	48 %
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Enfouissement	100 %	100 %	100 %	100 %
	Incinération avec valorisation énergétique	94 %	94 %	94 %	93 %
	Recyclage	62 %	61 %	63 %	56 %
Utilisation de ressources minérales	Enfouissement	99 %	99 %	99 %	99 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	65 %	63 %	64 %	63 %
Santé humaine	Enfouissement	90 %	87 %	86 %	86 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	63 %	50 %	49 %	48 %
Qualité des écosystèmes	Enfouissement	87 %	82 %	82 %	83 %
	Incinération avec valorisation énergétique	100 %	100 %	100 %	100 %
	Recyclage	64 %	52 %	51 %	53 %

Comme illustré ci-dessus, lorsque la fabrication du masque a lieu aux États-Unis, en Ontario ou au Québec plutôt qu'en Chine, les résultats totaux normalisés sont peu différenciés (moins de 10 % de différence) pour les scénarios d'enfouissement et d'incinération avec valorisation énergétique sur l'ensemble des indicateurs étudiés, ainsi que pour le scénario de recyclage sur les indicateurs *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Utilisation de ressources minérales*.

En revanche, l'avantage du scénario de recyclage est augmenté de 11 % à 15 % sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes* lorsque la fabrication a lieu aux États-Unis, en Ontario ou au Québec plutôt qu'en Chine (en notant que les enjeux du changement climatique sont inclus dans les indicateurs *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*). Cette différence s'explique par le fait que le changement de localisation induit une réduction des résultats (identique pour tous les scénarios de fin de vie) sur certaines étapes du cycle de vie (production et transport des matériaux et des emballages, fabrication et distribution du masque), tout en conservant le même crédit pour la production de matières vierges évitée du fait du recyclage du masque en fin de vie (principale cause de la différenciation du scénario de recyclage vis-à-vis des deux autres, voir section 3.2).

Les résultats détaillés de cette analyse de sensibilité sont fournis à l'annexe E.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions de l'étude (classement des scénarios de fin de vie) sont maintenues, mais l'avantage du scénario de recyclage est augmenté lorsque la fabrication du masque a lieu aux États-Unis ou au Canada.

3.4.10 Conclusions générales sur les analyses de sensibilité

Le classement des scénarios de fin de vie et les différences relatives entre scénarios ne sont pas affectés par les variations investiguées sur les paramètres suivants :

- Choix de la méthode d'évaluation des impacts (ReCiPe)
- Quantités de matériaux (+/- 20 %)
- Cas d'une incinération à Québec
- Électricité évitée dans le scénario d'incinération

Le classement des scénarios de fin de vie n'est pas affecté, mais les différences relatives entre scénarios sont modifiées (de plus de 10 %) par les variations investiguées sur les paramètres suivants :

- Choix d'indicateur (inclusion de l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme*)
- Matériaux utilisés
- Cas d'un recyclage restreint
- Lieu de fabrication du masque N95

Le classement des scénarios de fin de vie est remis en cause par les variations investiguées sur les paramètres suivants :

- Méthode d'allocation pour le recyclage (« *cut-off* »)

3.5 Analyse d'incertitude

Des analyses de Monte Carlo différentielles ont été réalisées en prenant en compte l'ensemble des paramètres du modèle. Pour chacun des deux masques, les trois scénarios sont comparés deux à deux sur 1000 itérations. Les deux tableaux suivants présentent le récapitulatif des comparaisons. Le pourcentage inscrit pour chaque couple de scénarios représente la fraction des 1000 itérations indiquant le premier scénario comme ayant le résultat d'indicateur le plus élevé.

Tableau 3-14 : Récapitulatif des analyses de Monte Carlo pour le masque de procédure.

	Enfouissement ≥ Incinération	Enfouissement ≥ Recyclage	Incinération ≥ Recyclage
Changement climatique	0 %	100 %	100 %
Utilisation de ressources fossiles et nucléaires	100 %	100 %	100 %
Utilisation de ressources minérales	2 %	100 %	100 %
Santé humaine	20 %	68 %	100 %
Qualité des écosystèmes	0 %	100 %	68 %

Tableau 3-15 : Récapitulatif des analyses de Monte Carlo pour le masque N95.

	Enfouissement ≥ Incinération	Enfouissement ≥ Recyclage	Incinération ≥ Recyclage
Changement climatique	0 %	100 %	100 %
Utilisation de ressources fossiles et nucléaires	100 %	100 %	100 %
Utilisation de ressources minérales	1 %	100 %	100 %
Santé humaine	25 %	58 %	61 %
Qualité des écosystèmes	0 %	100 %	100 %

En termes d'interprétation, il est estimé que lorsqu'un scénario est préférable sur 67 % ou plus des itérations, cela permet de conclure quant à sa préférence tout en tenant compte des incertitudes sur les paramètres du modèle. En effet, 67 % des itérations en faveur d'un scénario signifient qu'il y a deux fois plus d'itérations en faveur de ce scénario que de celui auquel il est comparé.

Ainsi, pour les deux masques :

- L'enfouissement est préférable à l'incinération pour tous les indicateurs étudiés à l'exception d'*Utilisation de ressources fossiles et minérales* pour lequel l'incinération est préférable à l'enfouissement ;
- Le recyclage est préférable à l'enfouissement pour tous les indicateurs étudiés, à l'exception de l'indicateur *Santé humaine* pour le masque N95 où cela est moins certain (seules 58 % des itérations favorisent le scénario de recyclage) ;
- Le recyclage est préférable à l'incinération pour tous les indicateurs étudiés à l'exception de l'indicateur *Santé humaine* pour le masque N95 où cela est moins certain (seules 61 % des itérations favorisent le scénario de recyclage).

Conclusion de l'analyse d'incertitude : Les conclusions de l'étude restent robustes lorsque des analyses de Monte Carlo sont réalisées, à l'exception de l'indicateur *Santé humaine* pour le masque N95. En effet, pour ce dernier un certain nombre (39 % à 42 %) des itérations obtiennent des résultats défavorables pour le scénario de recyclage.

3.6 Applications et limitations de l'étude

Les principales limites des analyses du cycle de vie, applicables à cette étude, sont les suivantes :

- Les résultats d'indicateurs sont des expressions relatives et ne permettent pas de prévoir les impacts réels, le dépassement des seuils, les marges de sécurité ou les risques ;
- Les résultats d'indicateurs environnementaux ne se substituent en aucun cas à une analyse de risque et ne renseignent pas sur les incidents potentiels ou les dangers associés aux systèmes. En ce sens, les risques spécifiques aux espèces en voies de disparition ne sont pas pris en compte ;
- Contrairement à une évaluation des risques environnementaux menée dans un contexte réglementaire et utilisant une approche conservatrice, cette étude cherche à fournir la meilleure estimation possible (Udo de Haes et coll., 2002). Elle essaie donc de représenter l'occurrence la plus probable, et les modèles utilisés ne tentent pas de maximiser l'exposition et les dommages environnementaux ;
- Les catégories d'impacts environnementaux représentent une évaluation globale. Toutefois, il est possible que localement ou régionalement, il y ait une augmentation des impacts environnementaux comparativement à ce qu'ils étaient auparavant ;
- L'étude se limite aux systèmes (produits et contextes géographiques) étudiés. Les résultats ne devraient pas être extrapolés à d'autres systèmes, à moins de considérer une incertitude extrême ;
- L'interprétation des résultats d'indicateurs ne peut être basée que sur les résultats obtenus, c'est-à-dire les substances pour lesquelles un facteur de caractérisation existe dans la méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie.

Les principales limites spécifiques à cette étude sont :

- Le masque N95 étudié reste l'une des modèles de masques N95 disponibles. Les résultats présentés sont donc valables pour le modèle étudié uniquement (avec une coque, ...) et ne doivent pas être utilisés pour porter des conclusions sur d'autres masques N95 (souples par exemple) ;
- La production des matériaux, la production des emballages et la fabrication des masques sont modélisés dans le contexte géographique de la Chine. Un autre contexte géographique ne changerait certes pas le classement des scénarios (puisque ces étapes sont communes à tous les scénarios) mais pourrait venir changer les différences relatives entre les scénarios ;
- Les traitements de fin de vie ont été modélisés à partir de la base de données *ecoinvent* (et adaptés, si besoin, au contexte géographique pertinent) et non à partir de données primaires qui auraient pu être plus spécifiques aux systèmes modélisés et plus récentes ;
- Les données utilisées pour la modélisation de la production des matériaux viennent de la base de données *ecoinvent*, et celles utilisées pour la fabrication des masques proviennent principalement de la littérature scientifique et de sites de manufacturiers de machines de production de masques. L'utilisation de données primaires aurait pu permettre une modélisation plus spécifique aux systèmes modélisés et plus récentes. Cependant, puisque ces étapes sont les mêmes dans tous les scénarios, le classement des scénarios de fin de vie n'est pas impacté par le résultat de l'étape de production des matériaux (mais les différences relatives entre les scénarios le sont) ;
- L'utilisation de la base de données *ecoinvent* version cut-off pour la modélisation de l'arrière-plan présente une incohérence avec l'utilisation de l'approche d'extension des frontières pour la modélisation de l'avant-plan. Les conséquences de cette incohérence

sur les résultats sont cependant difficiles à évaluer et il n'existe pas de façon raisonnablement simple de la corriger.

3.7 Recommandations et perspectives

L'ensemble des analyses réalisées dans cette étude a permis de mettre en évidence que :

- Le cycle de vie d'un masque de procédure ou d'un masque N95 incinéré en fin de vie avec une valorisation énergétique obtient des résultats plus élevés ou peu différenciés (+/-10 %) de ceux d'un masque enfoui, et ce sur l'ensemble des indicateurs étudiés. Ces conclusions restent valides lorsque l'incinération est réalisée à Québec⁵, et lorsque la méthode d'allocation (extension des frontières ou règle de coupure) change. **L'incinération des masques de procédure et N95 en fin de vie est donc déconseillée d'un point de vue environnemental.**
- Le cycle de vie d'un masque de procédure recyclé en fin de vie présente des résultats d'indicateurs environnementaux de 23 % à 47 % plus faibles que ceux d'un masque de procédure enfoui, selon l'indicateur considéré. Le cycle de vie d'un masque N95 recyclé en fin de vie présente des résultats d'indicateurs environnementaux de 26 % à 38 % plus faibles que ceux d'un masque enfoui selon l'indicateur. **Le recyclage des masques de procédure et N95 en fin de vie est donc recommandé d'un point de vue environnemental.** Cependant, il est à noter que ces résultats sont principalement dus aux crédits attribués pour la production de matière vierge évitée par le recyclage. Lorsque la méthode d'allocation du recyclage passe de l'extension des frontières (crédit) à la règle de coupure (cut-off), les résultats obtenus par les scénarios d'enfouissement et de recyclage sont très peu différenciés (moins de 5 % de différence) sur l'ensemble des indicateurs étudiés, pour chacun des deux masques.
- Les résultats obtenus pour le recyclage supposent que toutes les composantes des masques (élastiques, ...) sont recyclées et utilisées par un acheteur en remplacement de matière vierge. Si seules les parties centrales (i.e. polypropylène pour le masque de procédure et polypropylène et polyester pour le masque N95) sont recyclées, l'avantage du scénario de recyclage est réduit à 8 %-32 % pour le masque de procédure et à 6 %-21 % pour le masque N95. Certaines mesures comme la simplification de la composition des masques (moins de matériaux par masque) pourraient être mise en place afin de permettre un taux de recyclage élevé. **Il est donc recommandé de consulter les acteurs du secteur car certaines mesures (uniformisation et simplification⁶ de la composition des masques par exemple) pourraient permettre d'augmenter le taux de recyclage des masques.** Par exemple, dans le cas du masque de procédure, le cycle de vie d'un masque entièrement composé de polypropylène obtient des résultats potentiels 14 % à 34 % plus faibles que ceux du masque étudié dans le cas de base, et pourrait permettre

⁵ Ce scénario n'a fait l'objet que d'une analyse de sensibilité. Une analyse du cycle de vie complète intégrant des données primaires serait requise afin de fournir des résultats précis et plus robustes.

⁶ Il est à noter que cette recommandation suppose que le masque « simplifié » ait une fonctionnalité équivalente à un masque conventionnel (pas de réduction de la durée d'utilisation par exemple) et que ses phases de fabrication et de production des matériaux ait autant ou moins d'impacts potentiels sur l'environnement (ce qui serait à valider par une analyse du cycle de vie détaillée afin de le modéliser plus précisément que dans l'analyse de sensibilité de ce rapport).

- d'augmenter le taux de recyclage et son efficacité (pas de séparation des matières requise).
- Enfin, les résultats obtenus mettent en évidence que le traitement de fin de vie du masque représente moins de 1 % des résultats du scénario d'enfouissement, 1 %-20 % des résultats hors crédit du scénario d'incinération avec valorisation énergétique et 3 %-11 % des résultats hors crédit du scénario de recyclage. Les autres étapes du cycle de vie des masques sont donc aussi des facteurs primordiaux vis-à-vis de l'empreinte environnementale des masques. En particulier, la production des matériaux contenus dans les masques représente 50 %-80 % des résultats d'indicateurs obtenus pour les deux masques dans les trois scénarios. **Une réflexion sur les autres étapes du cycle de vie et sur des masques réutilisables⁷ est donc également recommandée.**

⁷ Pour les milieux où les recommandations sanitaires le permettent.

4 Conclusions

Cette étude a évalué les profils environnementaux du masque de procédure et du masque N95 selon des scénarios d'enfouissement, d'incinération avec valorisation énergétique, et de recyclage, conformément au cadre méthodologique des normes ISO 14 040 et 14 044 (ISO, 2006a ; ISO, 2006b).

Les indicateurs environnementaux étudiés étaient *Changement climatique, Utilisation de ressources fossiles et nucléaires, Utilisation de ressources minérales, Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*.

Les conclusions obtenues sont similaires pour le masque de procédure et le masque N95.

L'étude a permis de mettre en évidence que le cycle de vie d'un masque incinéré obtient des résultats peu différenciés ou supérieurs (selon l'indicateur) à ceux d'un masque enfoui. **L'incinération des masques de procédure et N95 en fin de vie est donc déconseillée d'un point de vue environnemental.**

Elle a également mis en évidence que le cycle de vie d'un masque recyclé obtient des résultats inférieurs à ceux d'un masque enfoui. **Le recyclage des masques de procédure et N95 en fin de vie est donc recommandé d'un point de vue environnemental.**

Cependant, les résultats favorables du scénario de recyclage sont principalement dus aux crédits attribués pour la production de matière vierge évitée par le recyclage. Ainsi lorsque la méthode d'allocation change, ou lorsque la quantité de matériaux recyclés diminue, l'avantage du scénario de recyclage se trouve fortement réduit. En conséquence, **il est recommandé de consulter les acteurs du secteur afin d'évaluer si certaines mesures (uniformisation et simplification de la composition des masques par exemple) pourraient permettre d'assurer un taux de recyclage élevé.**

Ces recommandations permettront à RECYC-QUÉBEC de mieux cerner les pratiques à encourager concernant la fin de vie des masques à usage unique et fournira éventuellement des pistes de mesures à mettre en place afin de minimiser leur empreinte environnementale.

Enfin, cette étude a également mis en évidence l'importance des autres étapes du cycle de vie, et en particulier de la production des matériaux, dans l'empreinte environnementale des masques à usage unique. **Une réflexion sur les autres étapes du cycle de vie et sur des masques réutilisables est donc également recommandée.**

5 Références

- 3M (2021). Documentation technique du masque N95. En ligne : <https://multimedia.3m.com/mws/media/14250650/tech-spec-3m-healthcare-particulate-respirator-and-surgical-mask-1860-n95.pdf>
- ALLISON ET AL. (2020). The impact and effectiveness of the general public wearing masks to reduce the spread of pandemics in the UK: a multidisciplinary comparison of single-use masks versus reusable face masks. <http://dx.doi.org/10.14324/111.444/000031.v2>
- BULLE, C., MARGNI, M., PATOUILLARD, L. et al. (2019). IMPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01583-0>
- COVANTA (2021). Détails sur la valorisation énergétique. En ligne : <https://www.covanta.com/what-we-do/waste-to-energy>
- COVANTA (2021). Localisation des usines. En ligne : <https://www.covanta.com/facilities>
- DANDRES ET AL. (2016). Consequences of Future Data Center Deployment in Canada on Electricity Generation and Environmental Impacts: A 2015–2030 Prospective Study. En ligne : <https://doi.org/10.1111/jiec.12515>
- DE BRUILLE (2014). Impact de l'utilisation des ressources minérales et métalliques dans un contexte cycle de vie : une approche fonctionnelle. Polytechnique Montreal, Montréal
- EPA (2018). Assessing the Electricity System Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy. En ligne : https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-07/documents/mbg_2-3_electricitysystembenefits.pdf
- GIEC (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In : Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 129-235. Disponible sur : http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html
- GO ZERO (2021). Dimensions des boîtes de collectes de masques. En ligne : <https://gozerorecycle.com/fr>
- HUIJBREGTS ET AL. (2017). ReCiPe 2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. The International Journal of Life Cycle Assessment volume 22, pages 138–147 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1246-y>
- IPCC (2007). Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland (2007). “Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change” [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. En ligne : www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf
- ISO (2006a). ISO 14040: Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre, Organisation internationale de normalisation, 24 p.
- ISO (2006b). ISO 14044: Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices, Organisation internationale de normalisation, 56 p.
- JOLLIET, O., MARGNI, M., CHARLES, R., HUMBERT, S., PAYET, J., REBITZER, G. et ROSENBAUM, R. (2003). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment* 8(6) p.324-330.

- LEE ET AL. (2020). Life cycle assessment of single-use surgical and embedded filtration layer (EFL) reusable face mask. Accessible en ligne : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921001877>
- MSSS (2021). Directive gouvernementale sur le port du masque médical dans le secteur de la santé. En ligne : <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/directives-covid/dgsp-014.pdf>
- RECYC-QUÉBEC (2018). Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec. En ligne : <https://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-complet.pdf>
- RECYC-QUÉBEC (2021a). Entreprises offrant des services de récupération de masques et d'équipements de protection individuelle. En ligne : <https://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/liste-options-recuperation-EPI.pdf>
- RECYC-QUÉBEC (2021b). Communications personnelles avec Jérôme Cliche et Marthe Beaumont.
- RICHPEACE (2021). En ligne : https://www.richpeace.com/automatic_cup_mask_production_line-show-357.html
- RODRIGUEZ ET AL. (2021). Environmental implication of personal protection equipment in the pandemic era: LCA comparison of face masks typologies. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.108>
- TESTEX (2021). En ligne : <https://www.testextextile.com/product/automatic-mask-production-line-apl80/>
- UDO-DE-HAES, H.A., FINNVEDEN, G. et GOEDKOOP, M. (2002). Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice, Society of Environmental Toxicology & Chemist, 272 p.
- ULINE (2021). Dimension et masses de boîtes en carton. En ligne : <https://www.uline.ca/Product/Detail/S-18344/Corrugated-Boxes-32-ECT/12-x-12-x-12-Lightweight-32-ECT-Corrugated-Boxes>
- VANDEPAER ET AL. (2018). The integration of long-term marginal electricity supply mixes in the ecoinvent consequential database version 3.4 and examination of modeling choices. En ligne : <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1571-4>

Annexe A – Méthodologie ACV

Voir le fichier « Annexe A – Méthodologie ACV.pdf » fourni avec le rapport.

Annexe B – Description de la méthode IMPACT World+

Voir le fichier « Annexe B – IMPACT World+.pdf » fourni avec le rapport.

Annexe C – Inventaire

Voir le fichier « Annexe C – Inventaire.xlsx » fourni avec le rapport.

Annexe D – Qualité des données

Voir le fichier « Annexe D – Qualité des données.xlsx » fourni avec le rapport.

Annexe E – Résultats

Voir le fichier « Annexe E – Résultats.xlsx » fourni avec le rapport.

Rapport de revue critique

G R O U P E
AGÉCO

RAPPORT DE REVUE CRITIQUE FINAL

ANALYSE DU CYCLE DE VIE DE MASQUES À USAGE
UNIQUE SELON TROIS SCÉNARIOS DE FIN DE VIE

PRÉSENTÉ À



CIRAIQ^{MC}

Centre international de référence sur le
cycle de vie des produits, procédés et services

28 FÉVRIER 2022

INFORMATIONS SUR LE RAPPORT	
Titre de l'étude	Analyse du cycle de vie de masques à usage unique selon trois scénarios de fin de vie
Date	28 février 2022
Auteurs de l'étude	Estelle Louineau, François Saunier, Jean-François Ménard, Sara Russo-Garrido, Réjean Samson (CIRAIG, Polytechnique Montréal)
Comité de revue critique	Hugues Imbeault-Tétreault, Groupe AGÉCO (président du comité) Ben Amor, LIRIDE - Université de Sherbrooke Denis Bernier, SCEB Inc.
Mandant de l'étude	RECYC-QUÉBEC

1. INTRODUCTION

Ce rapport de revue critique présente les conclusions ainsi que le verdict préliminaire de la revue critique du rapport intitulé *Analyse du cycle de vie de masques à usage unique selon trois scénarios de fin de vie*. Le rapport révisé, mandaté par RECYC-QUÉBEC, a été préparé par Estelle Louineau et ses collègues.

RECYC-QUÉBEC ayant notamment le rôle de promouvoir le recyclage au Québec, cette étude vise à fournir des informations environnementales sur lesquelles RECYC-QUÉBEC pourra se baser afin de communiquer sur les filières de gestion de fin de vie à privilégier pour les masques de procédure et N95 afin de minimiser les impacts potentiels sur l'environnement. Un objectif secondaire est de renseigner sur profil environnemental du cycle de vie des masques individuellement, sans toutefois les comparer.

Étant donné que RECYC-QUÉBEC désire communiquer à des tierces parties externes les résultats et conclusions de cette étude comparative, une revue critique avec comité d'experts indépendants est réalisée.

2. MÉTHODOLOGIE DE LA REVUE

L'objectif de la revue critique est de valider la conformité du rapport d'analyse du cycle de vie (ACV) avec les exigences des normes suivantes :

- ISO 14 040:2006 – Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre
- ISO 14 044:2006 – Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices

Les éléments principaux à valider durant le processus de revue critique selon les normes ISO 14 040-44:2006 sont les suivants :

- La méthodologie utilisée pour réaliser l'ACV doit être conforme à cette norme;
- La méthodologie utilisée pour réaliser l'ACV doit être scientifiquement et techniquement valide;
- Les données utilisées doivent être appropriées et représentatives de l'objectif et du champ de l'étude;
- L'interprétation doit refléter les limites identifiées et les objectifs de l'étude;
- Le rapport doit être transparent et cohérent.

Les conclusions de ce rapport de revue critique s'appliquent à la version du rapport reçue le 22 février 2022. Dans le cadre de cette revue, une révision du modèle n'a pas été effectuée; cependant la plausibilité des résultats a été évaluée.

La revue critique a été réalisée par un comité d'experts indépendants présidé par M. Hugues Imbeault-Tétreault, conseiller aux affaires scientifiques, Groupe AGÉCO. M. Imbeault-Tétreault cumule plus de 10 ans d'expérience dans le domaine de l'ACV, ainsi que plusieurs revues critiques. Le reste du comité est composé de Pr Ben Amor, expert ACV, et de Denis Bernier, expert en gestion de matières résiduelles.

Déroulement de la revue critique

Le processus de revue critique a débuté le 14 juin 2021. Il s'est réalisé de façon concomitante avec l'exécution de l'étude. Dans un premier temps, les objectifs, le champ de l'étude et les résultats préliminaires ont été revus, suivis du rapport complet.

Le rapport de cadrage (inc. objectifs, champ de l'étude et résultats préliminaires) a été reçu par le comité de revue critique le 14 juin 2021. Le comité a transmis ses commentaires sous forme de grille au CIRAIG le 25 juin 2021. À l'automne, le rapport ACV complet a été reçu le 9 octobre 2021 par le comité de revue. Une première ronde de commentaires ainsi que le rapport de revue critique préliminaire ont été transmis par le comité de revue au CIRAIG le 29 octobre 2021. Une version amendée du rapport ACV ainsi que la réponse aux commentaires du comité ont été reçues le 13 janvier 2022. Une grille de commentaires mise à jour par le comité de revue a été fournie le 27 janvier 2022. Cette grille contenait des commentaires fermés, des commentaires toujours ouverts, ainsi que quelques nouveaux commentaires. Par la suite, d'autres échanges ont eu lieu entre le comité et le CIRAIG concernant les derniers commentaires ouverts restants pour donner une version finale du rapport ACV reçue le 22 février 2022. Le rapport de revue critique final incl. La grille de commentaire finale (voir Annexe A) a été envoyé au CIRAIG le 28 février 2022.

3. CONCLUSIONS DE LA REVUE CRITIQUE

Cette étude apporte un éclairage additionnel sur la question de la performance environnementale de masques de protection et de différents traitements en fin de vie dans un contexte québécois.

Le rapport décrit avec transparence les objectifs et le champ d'étude, la méthodologie, les résultats et l'interprétation. Les auteurs présentent les résultats avec et sans les crédits de valorisation en fin de vie. Le comité de revue critique a formulé une multitude de commentaires afin d'en améliorer la qualité. Les enjeux suivants ont notamment été identifiés :

1. L'unité fonctionnelle ne correspond pas à la fonction du produit.
2. Le lien entre les résultats ÉICV et l'ICV n'est pas suffisamment décrit.
3. Un manque de justification de l'application des méthodes d'allocation du recyclage différentes.
4. L'absence de description de critères de coupure.
5. Le choix du crédit de production d'électricité pour la voie d'incinération.
6. La validation de la masse des composantes des masques.
7. L'absence d'une analyse d'incertitude.

Des commentaires et suggestions plus détaillés se trouvent dans la grille de commentaire envoyée avec ce rapport.

Ce rapport de revue critique ne représente pas un endossement par les réviseurs indépendants des conclusions et des affirmations comparatives de cette étude. Il représente toutefois un avis quant à la conformité du rapport à l'étude avec les exigences des normes ISO 14 044-44 portant sur les déclarations comparatives.

Le comité de revue critique juge que les quatre phases de cette étude ACV (objectifs et champ de l'étude, inventaire, évaluation des impacts et interprétation) ont été exécutées de façon conforme avec les exigences des normes ISO 14 040-44 :2006 (voir grille de conformité à l'Annexe B)

Les méthodes et données utilisées sont considérées comme scientifiquement valides et représentatives de la pratique actuelle en ACV. Ces dernières sont également appropriées pour répondre aux objectifs de cette étude.

L'interprétation est réalisée dans le respect des limites de l'étude.

Le rapport est très transparent : les choix de modélisation et les hypothèses sont documentés de façon complète et détaillée.

Verdict

Le comité de revue critique juge que le rapport « *ANALYSE DU CYCLE DE VIE DE MASQUES À USAGE UNIQUE SELON TROIS SCÉNARIOS DE FIN DE VIE – 22 février 2022* » est conforme à toutes les autres exigences des normes ISO 14 040-44 :2006 pour les déclarations comparatives.



Hugues Imbeault-Tétreault, ing. M.Sc.A.
Conseiller aux affaires scientifiques
Groupe AGÉCO
hugues.i-tetreault@groupeageco.ca

ANNEXE A : LISTE DES COMMENTAIRES

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
DB 1	Page titre		ed	L'adresse de Recyc est en anglais		La dernière ligne de l'adresse a été traduite.	Fermé
HIT 2	Sommaire p.2	1 ^{er} parag.	ed	« Depuis le début de la pandémie de COVID-19, de nombreux masques à usage unique sont utilisés au Québec et présentent un gisement de matières résiduelles <u>important</u> . » Il faut aller au-delà de la perception populaire de l'importance de certaines matières résiduelles. Les masques à usage unique constituent certainement un gisement en forte croissance depuis le début de la pandémie, mais je serais surpris que dans l'absolu, par rapport à toutes les autres matières résiduelles, que ce gisement soit « important ».	Nuancer ou appuyer à l'aide de sources.	RECYC-QUÉBEC n'a pas de donnée pour sourcer le propos. Le terme « important » a donc été retiré.	Fermé
HIT 3	Sommaire p.2	1 ^{er} parag.	ed	On ne fait pas de lien entre cette ACV et la hiérarchisation des 3RV-E de la Loi sur la qualité de l'environnement. La loi stipule qu'il est possible de déroger de cette hiérarchie si une ACV révèle qu'une hiérarchie différente minimise les impacts potentiels sur l'environnement.	Je recommande d'ajouter une référence à la hiérarchie des 3RV-E.	Une mention des 3RV-E a été ajoutée.	Fermé
BA 4	p3	Tableau S-1	tech	1-Revoir code de couleur - 100% en vert = ? 2-Est-ce qu'on considère dans les chiffres le crédit de valorisation aussi (pour la colonne Résultat normalisé, sans le crédit de valorisation du masque) IDEM pour le tableau 3-1		1-Les couleurs ont été revues. 2-La colonne « Sans le crédit de valorisation du masque » considère tous les résultats (activités réalisées, activités évitées du fait de la valorisation des emballages et de la boîte de collecte) à l'exception du crédit de valorisation du masque.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
BA 5	P3	Dernier parag.	tech	« Cependant, il est à noter que ces résultats sont principalement dus aux crédits attribués pour la production de matière vierge évitée par le recyclage » Les scénarios de fin de vie sont ultimement mieux représentés par une approche conséquentielle. Ici encore - modéliser avec une perspective conséquentielle aurait été la meilleure approche.	Il est recommandé de justifier le choix de modélisation. BA 2022-01-27 : – une mention dans le sommaire que l’approche conséquentielle ne fait pas parti du mandat	Cet aspect n’avait malheureusement pas été discuté lors du cadrage de l’étude. Une évaluation conséquentielle requerrait des données technico-économiques, afin d’identifier les processus marginaux, qui n’étaient pas accessibles dans le cadre de cette étude. EL 2022-01-27 : La mention a été ajoutée dans le sommaire et à la fin de la section 2.5.	Fermé
HIT 6	P. 4	2 ^e parag.	Ed	« Démantèlement » est utilisé pour désigner la séparation des composantes d’un masque.	Utiliser un terme « séparation ».	Le terme a été changé sur toutes ses occurrences.	Fermé
HIT 7	P. 11	Section 1	Gen	Cette section contient plusieurs affirmations non soutenues par des références.	Ajouter des références.	Les références ont été ajoutées. La plupart des informations provenaient d’échanges informels avec RECYC-QUÉBEC.	Fermé
BA 8	Section 2.1 /P12	1 ^{er} parag.	tech	« mais bien de comparer, pour chaque masque, différents scénarios de fin de vie et d’évaluer la contribution de cette étape sur l’ensemble du cycle de vie du masque. » L’objectif de l’étude semble encore mal aligné avec les objectifs du client. Celui-ci cherche le bénéfique (positif ou négatif) entre les trois solutions en compétition de fin de vie et non le cycle de vie complet du masque.	Reformuler l’objectif : est-ce de comparer différentes fins de vie de masques. Ou plutôt d’analyser le cycle de vie d’un masque ayant multiples fins de vie. BA : Écrire deux objectifs rends la compréhension du rapport compliqué surtout que le sommaire parle en grand partie de la	Les deux objectifs (comparer les fin de vie et évaluer les profils environnementaux complets) font partie du champ de l’étude. Ils sont d’ailleurs mentionnés à la page 11 : « Les objectifs de l’étude sont ainsi de 1) comparer, pour chacun des deux masques, les profils environnementaux complets obtenus selon le scénario de fin de vie, et 2) mieux comprendre	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
					comparaison de la fin de vie. Je suggère de garder uniquement comparer, pour chacun des deux masques, les profils environnementaux complets obtenus selon le scénario de fin de vie – même si contribution de la fin de vie dans les résultats d’empreinte environnementale des masques sur l’ensemble de leur cycle de vie est réalisée.	la contribution de la fin de vie dans les résultats d’empreinte environnementale des masques sur l’ensemble de leur cycle de vie. ». Le paragraphe de la page 12 a été reformulé et reprend les numéros d’objectifs de la page 11 pour plus de clarté. EL 2022-01-27 : La formulation suggérée a été appliquée (section 2.1). Une phrase de la section 1 a également été modifiée (finalement retirée car jugée redondante avec la phrase suivante) afin de s’assurer de la cohérence des sections.	
HIT 9	P. 14	1 ^{er} parag.	Ed	« dans les approvisionnements gouvernementaux »	Préciser le pallier (provincial ou fédéral).	La précision a été ajoutée.	Fermé
HIT 10	P. 14	4 ^e parag.	Tech	Il serait pertinent de connaître dans quelle région chinoise se trouve principalement la production de masques, la production d’électricité pouvant varier d’une région à l’autre.	Préciser la région chinoise où la plupart des masques à l’étude sont fabriqués.	J’ai fait des recherches sur les modèles de masques de procédure fournis par le CAG. La localisation des usines n’est pas mentionnée. Pour le modèle le plus acheté (dans la liste fournie en tout cas, mais elle a pu changer depuis) j’ai pu trouver que le siège social de l’antenne chinoise de la compagnie est à Shanghai, mais je ne sais pas si c’est le cas des usines aussi.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						Pour les masques N95 je n'ai pas l'information car la liste des approvisionnements fournie était trop incomplète. Donc je n'ai pas vraiment de certitude sur la région chinoise, et je préfère conserver la donnée moyenne chinoise.	
HIT 11	P. 14, 2.3	2 ^e parag.	Tech		Citer une référence concernant l'absence de dégradation des matières non organiques en lieu d'enfouissement technique.	Une référence a été ajoutée en note de bas de page.	Fermé
BA 12	p. 14 – 2.3 Description générale des scénarios de fin de vie à l'étude	3 ^e parag.	GEN	« Cette incinération permet de produire de la vapeur, elle-même utilisée pour produire de l'électricité à l'aide d'une turbine. Cette électricité est ensuite utilisée dans le secteur résidentiel. » Comment savoir où l'électricité issue de l'incinération est utilisée et, de toute façon, cela n'est pas pertinent pour l'étude.	Supprimer « Cette électricité est ensuite utilisée dans le secteur résidentiel. »	Détail retiré. Note : L'information sur l'utilisation de l'électricité venait du site de Covanta.	Fermé
HIT 13	P. 14, section 2.3	3 ^e parag.	Tech	Il n'y a pas de boîte de collecte pour l'incinération. Comment les masques sont-ils récupérés et envoyés à Covanta?	Décrire la voie de collecte pour le scénario d'incinération.	Les masques envoyés à l'incinération sont collectés séparément, donc utilisent des boîtes de collectes similaires à celles du scénario de recyclage. Les boîtes ont été ajoutées dans le modèle et dans le rapport pour le scénario d'incinération.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
BA 14	Section 2.4./P15	Dernière ligne	tech	« « Permettre le port d'un masque à usage unique au Québec en 2021 » » La fonction d'un masque de protection n'est pas d'être porté mais de protéger une personne sur une durée de temps. On porte chacun des masques pour des niveaux de protections différents.	1) Réécrire l'UF et 2) je recommande une UF par chaque type de masque sachant qu'ils n'offrent pas le même niveau de protection. BA 2022-01-27 : Ouvert – vu qu'on parle de fin de vie des masques – l'UF doit refléter la fin de vie des masques Et garder une seule UF	L'UF a été reformulée pour parler de protection et non de port. Deux UF distinctes ont été formulées, comme suggéré. EL 2022-02-08 : Les modifications discutées par courriel ont été apportées.	Fermé
BA 15	Section 2.5/p16		Tech	« puisque les activités multifonctionnelles comme le recyclage des masques auraient été exclues du champ d'étude. » Elles ne sont pas exclues du champ d'étude - l'allocation sert à "résoudre" la multifonctionnalité.	Merci de revoir le texte et apporter la correction	Le texte a été revu et remplacé par « les activités multifonctionnelles comme le recyclage des masques n'auraient pas été comptabilisées dans leur cycle de vie ».	Fermé
BA 16	p. 17 – 2.6 Frontières géographiques et temporelles	3 ^e parag.	Tech	Il serait bien de préciser que même si le choix du traitement de fin de vie est pour 2021, la technologie réellement utilisée dans ecoinvent n'est pas représentative pour 2021.	Ajoutez quelques phrases à ce sujet.	Les phrases suivantes ont été ajoutées : « Il est à noter que les données utilisées pour modéliser ces traitements sont tirées de la base de données ecoinvent et correspondent donc à des technologies plus anciennes. Davantage d'informations sur la représentativité temporelle et la qualité des données en	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						général sont disponibles à l'annexe D. »	
BA 17	p. 17 - 2.6 Frontières géographiques et temporelles		Gen	Manque de références sur les hypothèses géographiques dans la section 2.6 (Production en Chine, valorisation aux États-Unis, etc.).	Référer dans la section 2.6 au Tableau 2.1 dans lequel les hypothèses sont détaillées.	La phrase suivante a été ajoutée : « Davantage de détails sur les localisations des activités intervenant dans le cycle de vie des masques sont fournis au Tableau 2.1. »	Fermé
BA 18	2.6/p17	2 ^e parag.	Tech	L'utilisation du terme urbaine est prévu dans la loi sur l'aménagement et l'urbanisme. Toutes les municipalités ont un périmètre d'urbanisation. Il faut être plus précis et parler de la CMM et de la CMQ. (ex : la zone urbaine de Gaspé est un peu différente de celle de Lévis et de Saint-Sauveur)	Préciser la portée du terme urbain dans ce contexte.	La précision suivante a été ajoutée : « Le Québec étant une province très étendue, une hypothèse d'utilisation des masques dans les deux zones urbaines les plus peuplées du Québec (communautés métropolitaines de Montréal et de Québec) est considérée. »	Fermé
HIT 19	P. 17, 2.7	3 ^e parag.	Tech	Le transport par avion est jugé non pertinents pour les masques. Or, on sait qu'au plus fort de la pandémie, des masques étaient livrés par avion. Ex. https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1690419/masques-canada-chine-quebec-avion-detournes	Élaborer sur la pertinence ou non de considérer le transport par avion des masques dans cette ACV. Une analyse de sensibilité pourrait être ajoutée si jugée pertinente. HIT 2022-01-27 : Enlever la mention non fondée que le transport en avion est un scénario non pertinent.	Le transport des masques par avion a été une mesure exceptionnelle mise en place dans certains endroits au début de la pandémie de covid-19. Il semble raisonnable de penser qu'à présent les approvisionnements en masques ne subiront pas d'augmentation aussi drastique et rapide que cela a été le cas au plus fort de la pandémie. Une analyse de sensibilité sur un transport en avion n'a pas été ajoutée.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/fermé)
						EL 2022-01-27 : La mention a été retirée.	
HIT 20	P. 18	1 ^{er} parag.	Gen	Ecoinvent 3.6 n'est plus la version la plus récente implémentée dans Simapro.	Supprimer cette mention.	La mention a été supprimée. Note : Elle avait été ajoutée suite à la première grille de commentaires émise par le comité.	Fermé
BA 21	p.18 – 2.7 Processus de collecte de données	1 ^{er} paragraphe (page 18)	Tech	Il y a une incohérence dans l'utilisation de l'extension des frontières pour la modélisation de l'avant-plan tout en utilisant une base de données cut-off pour les systèmes d'arrière-plan.	Réfléchir sur une manière d'adresser cette incohérence selon les préférences du modélisateur vu que c'est assez majeur comme commentaire.	Effectivement, il y a une incohérence entre l'utilisation de bases de données d'arrière-plan cut-off et l'utilisation de l'approche d'extension des frontières pour l'avant-plan. Son effet sur les résultats est cependant difficile à évaluer et il n'existe pas de façon raisonnablement simple de régler la question (faire une étude conséquentielle étant exclus, comme mentionné plus tôt). Cette limite est mentionnée dans la section appropriée.	Fermé
HIT 22	P. 18	Figure 2-5	Tech	Il y a une incohérence entre la figure qui indique que l'utilisation est exclue et le tableau 2-1 qui indique que cette étape est non applicable.	Soit mettre la ligne « utilisation » du tableau 2-1 en gris ou modifier la figure 2-5 pour indiquer que cette étape est incluse, mais qu'aucune activité n'y a lieu, afin de ne pas laisser croire que des impacts ont été	Les pointillés ont été retirés de la figure 2-5.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
					délibérément exclus des frontières.		
BA 23	p.19 - 24	Tableau 2.1, 2-2, and 2-3	Gen	Les tableaux prennent beaucoup de place et même si les informations sont pertinentes pour certains, elles ne le sont pas forcément pour tous les lecteurs.	Déplacer en Annexe	La longueur des tableaux n'ayant pas été jugée démesurée, le choix a été fait de les conserver dans le corps du rapport.	Fermé
BA 24	p.19 – 2.8 Description des systèmes et scénarios modélisés	Tableau 2.1	tech	Sur quelle base les procédés exclus sont-ils considérés négligeables ?	Justification de ces hypothèses.	Il s'agit d'un jugement d'expert (interne au CIRAIIG). La précision a été ajoutée.	Fermé
HIT 25	Section 2		Gen	Les critères coupures ne sont pas décrits. Voir ISO 14044 section 4.2.3.3.3.	Ajouter.	La phrase suivante a été ajoutée à la page 21 : « Il est à noter qu'aucun critère d'inclusion ou de coupure n'a été appliqué pour la présente étude : toutes les données disponibles ont été intégrées au modèle. »	Fermé
BA 26	P 19	Tableau 2.1	Tech	« Transport routier entre le port québécois et l'utilisateur » → Le détaillant ? « Pour le carton seulement : traitement du lixiviat produit par la décomposition » Est-ce que tout est enfouis ? (le carton ne devrait-il pas être modélisé dans une approche conventionnelle où il est recyclé) ? Emballage = indépendant du masque, donc peut avoir un scénario de fin de vie conventionnel.		- Puisque l'on se base surtout sur les approvisionnements du gouvernement, il n'y a pas de passage par un détaillant. Un paragraphe a été ajouté à ce sujet à la page 17. - Tout le carton n'est pas enfouis : 71% est recyclé (voir dernières lignes des tableaux 2-2 et 2-3). - L'avant-plan est modélisé en extension des frontières (masques, emballages et boîte	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						de collecte). L'analyse de sensibilité sur l'approche cut-off traite le cas où tout est modélisé en cut-off.	
HIT 27	P. 19	Tableau 2-1	Tech	Le tableau indique que la vente en magasins est exclue. Le rapport ne précise pas le contexte d'utilisation des masques, seulement qu'il s'agit d'une utilisation « urbaine ». On en déduit qu'il s'agit d'un contexte de fonction publique, notamment par l'utilisation de données du CAG. Dans ce cas, le commerce de détail ne serait probablement pas impliqué dans le cycle de vie de toute façon.	Préciser le contexte d'utilisation des masques et modifier le tableau 2-1 en conséquence.	Le paragraphe suivant a été ajouté à la page 18 : « Concernant le contexte d'utilisation, l'étude se concentre particulièrement sur le cas des approvisionnements gouvernementaux (par opposition à des achats de particuliers). Cela influe sur le transport modélisé entre la fabrication du masque et son utilisateur, puisque dans le cas des approvisionnements gouvernementaux les masques ne passent pas par un détaillant. »	Fermé
BA 28	P19	Tableau 2.1	Tech	« Crédit pour la production d'électricité (valorisation énergétique » « Inclus. Il s'agit d'électricité du réseau NPCC des États-Unis » On n'évite pas un processus moyen comme celui du NPCC mais bien un processus marginal.	Revoir ce qui évité dans un contexte du Nord-Est américain et appuyer par des références. BA 2022-01-27 : Merci de justifier pourquoi Hydro ou Gaz naturel	Une approche attributionnelle a été conservée dans le cas de base de l'étude, mais une analyse de sensibilité a été ajoutée pour regarder l'évolution des conclusions lorsqu'on considère que l'électricité évitée provient du gaz naturel ou est de l'hydroélectricité. EL 2022-02-01 : Avis d'expert appuyé par les références EPA ,	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						2018), (Vandepaer et al., 2018) et (Dandres et al., 2016). Cette phrase a été ajoutée en note de bas de page dans le rapport, et les références ont été ajoutées.	
HIT 29	P. 20	3 ^e ligne	Tech	L'intensité GES de la production d'électricité varie beaucoup entre les sous-régions de la zone NPCC (NYCW, NYLI et NYUP).	Si une technologie marginale n'est pas utilisée, utiliser le « grid mix » de la sous-région correspondant aux installations de Covanta. Voir https://www.epa.gov/egrid/power-profiler#/	Le mix NPCC a été remplacé par le mix NYUP fourni par le site de l'EPA (considérant qu'il est probable que l'usine Covanta utilisée se trouve proche de la frontière canadienne).	Fermé
HIT 30	P. 19	Tableau 2-1	Tech	Le pourcentage de contenu recyclé est indiqué pour la boîte de collecte. Or, une approche cut-off est utilisée. Est-ce qu'une approche différente a été utilisée pour cet emballages? Ce commentaire s'applique aussi au tableau 2-3.	Préciser. HIT 2022-01-27 : lorsqu'une approche d'extension des frontières est utilisée, 100% de matières vierges doivent être considérées en amont. HIT 2022-02-11: Dans la description du processus z. Corrugated board box {CN} production Cut-off, U - created from CA-QC dans l'annexe, il est mentionné que les matériaux sont d'origine mondiale. Or, par	Tout l'avant-plan est modélisé en extension des frontières (masques, emballages de masques, boîte de collecte). L'analyse de sensibilité sur l'approche cut-off illustre le cas où tout est modélisé en cut-off. EL 2022-01-27 : Oui, et c'est ce qui a été fait (voir annexe C, qui a été corrigée car l'onglet portant sur le masque de procédure ne mentionnait pas le bon dataset effectivement. Mais c'était une erreur d'annexe et non une erreur de modélisation.). L'information est simplement mentionnée dans les tableaux	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
					défaut les boîtes de carton ont un contenu recyclé. Vérifier qu'il n'y en a pas.	<p>de données car utilisée dans l'analyse de sensibilité sur l'extension des frontières. Cette précision a été ajoutée dans les tableaux de données.</p> <p>EL 2022-02-23 : La note suivante a été ajoutée à la page 22 du rapport : Le jeu de données générique fourni par ecoinvent a été utilisé pour la modélisation bien qu'il contienne un contenu en recyclé. Cela induit une sous-estimation des résultats totaux de 1,3 % ou moins (selon le masque et le scénario) n'affectant en rien les conclusions de l'étude.</p>	
HIT 31	P. 21	Tableau 2-1	Ed	« CAG » est utilisé pour la première dans le corps du texte.	Écrire au long.	L'ajout a été fait.	Fermé
DB 32	2.9/21	Tableau 2-2	tech	Selon la référence fournie, le poids de la barre (en acier galvanisé recouvert de PVC ou de PE) devrait être de 0.26 g/masque	Vérifier les informations et modifier si requis	La référence ne fournit pas la valeur en grammes, mais la densité de la matière. Les fiches techniques de masques fournies par le CAG ont été utilisées pour avoir la dimension (100mm). La combinaison des deux informations donne bien 0.29g. La mention de la dimension a été ajoutée au tableau.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						EL : Les données du CAG offraient des précisions sur les dimensions de la barre nasale. S'agissant de données primaires, ces dimensions ont été privilégiées face à la masse mentionnée dans la référence. Le calcul réalisé est explicité ci-dessus.	
DB 33	2.9/21	Tableau 2-2	Tech	Selon la référence fournie, le poids des boucles auriculaires devrait être de 0.47 g/masque	Vérifier les informations et modifier si requis	<p>La référence ne fournit pas la valeur en grammes, mais la densité de la matière. Les fiches techniques de masques fournies par le CAG ont été utilisées pour avoir la dimension (165mm). La combinaison des deux informations donne bien 0.43g. La mention de la dimension a été ajoutée au tableau.</p> <p>EL : Les données du CAG offraient des précisions sur les dimensions des boucles auriculaires. S'agissant de données primaires, ces dimensions ont été privilégiées face à la masse mentionnée dans la référence. Le calcul réalisé est explicité ci-dessus.</p>	Fermé
HIT 34	P.21	Tableau 2-2	Tech	Il y aurait lieu de valider la masse totale du masque à l'aide d'une pesée.	Valider la masse totale des masques à l'aide d'une pesée.	Je n'ai pas reçu d'échantillon de masque de procédure pour valider la masse totale par pesée.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						Ceci dit, le site de TESTEX donne une masse totale de 3.20g, et mes valeurs sont de 3.19g. On reste donc très proche de ce qui est annoncé par le fabricant. Par ailleurs, l'analyse de sensibilité sur la masse des masques a montré qu'elle ne remet pas en cause les conclusions de l'étude.	
HIT 35	P. 22	Tableau 2-2	Tech	Les masses d'emballage et de la boîte de collecte sont tirées de la littérature ou estimées.	Valider les masses en pesant de vrais emballages et boîte de collecte. (applicable aussi au tableau 2-3).	Je n'ai pas reçu d'échantillon de boîte de collecte pour valider la masse par pesée. La surface de carton par boîte et la quantité de masques par boîtes ont été obtenues lors de la collecte des données auprès d'un récupérateur de masques. La densité surfacique du carton provient de la littérature. La masse de la boîte est calculée à partir des informations mentionnées ci-dessus. Toutes ces informations sont présentées dans les tableaux 2-2 et 2-3.	Fermé
DB 35	2.9/22	Tableau 2-2	Tech	Seul le port de Montréal reçoit des conteneurs. La distance devrait être ré-évaluée (100 km c'est peu réaliste)	Vérifier la localisation du site de réception en fonction des zones urbaines visées	Je suppose que vous parlez de la distance de transport routier entre le port québécois et l'utilisateur québécois. Celle-ci tient déjà compte de la répartition de la population du	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						<p>Québec. Si on va chercher des chiffres détaillés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le site searates.com donne une distance de 50km entre le port de Montréal et un utilisateur situé à Montréal, et une distance de 250km entre le port de Montréal et un utilisateur situé à Québec - les sites de la CMM et de la CMQ donnent respectivement des populations de 4.67 et 0.821 millions d'habitants <p>→ $(50 \times 4.67 + 250 \times 0.821) / (4.67 + 0.821) = 80 \text{ km}$ en moyenne. L'estimation de 100km nous semble donc valide et est maintenue.</p>	
HIT 37	P. 22	Tableau 2-2	Tech	625 * 2,8 donne 1 750.	Ajouter des décimales au ratio des pouvoirs calorifiques.	Les tableaux 2-2 et 2-3 devraient contenir la valeur 1750 et non 1751. Ils ont été corrigés.	Fermé
HIT 38			Gen		Utiliser la virgule à la place du point pour les décimales.	Les points ont été remplacés par des virgules.	Fermé
DB 39	2.9/22	Tableau 2-2	Tech	Pertes de matière : lors de la séparation des matériaux, il est plus que probable que certaines découpes soient composées de matériaux mixtes qui ne pourront pas être recyclées. Ces retailles peuvent être valorisé.	<p>Valider l'efficacité réaliste de la séparation.</p> <p>Ou fournir une référence</p>	Comme mentionné dans les tableaux 2-2 et 2-3, la référence est la collecte de données auprès des récupérateurs de masques. Il est par ailleurs à noter que si certaines matières ne sont pas	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						<p>bien séparées mais recyclées tout de même (ce qui pourrait arriver si les ballots de matière recyclée peuvent contenir différents plastiques car ils seront utilisés dans des produits qui le permettent), la modélisation (et donc les résultats) sera très similaires (il y aura dans les deux cas – avec et sans séparation– un crédit attribué pour la matière vierge évitée).</p> <p>D’autre part, l’analyse de sensibilité sur le recyclage d’un éventail restreint de matériaux couvre le cas où les matières ne sont pas bien séparées et non recyclées.</p>	
DB 40	2.9/23	Tableau 2-2	Tech	<p>Le terme « Taux de recyclage des emballages plastiques » est erroné. Le % présenté est celui pour le plastique (contenant et emballage) provenant des résidences</p> <p>À la page 4 de 52 de votre référence, il est mentionné que les sacs et pellicules n’avaient plus de débouché donc, le taux des pellicules plastiques était de quasi 0% en 2018</p>	Modifier votre taux présenté	<p>La valeur a été changée pour un taux de récupération de 16% (valeur pour les sacs et pellicules plastiques, voir ce document). En revanche nous estimons que la valeur du secteur résidentiel est une bonne estimation pour les milieux de travail (par manque de donnée sur les milieux de travail).</p> <p>Nous pouvons considérer le manque de débouchés comme vous le suggérez. La</p>	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/fermé)
						modélisation a donc été changée pour représenter 84% d'enfouissement et 16% d'entreposage (pas d'impact de traitement mais pas de crédit non plus dans le cas de l'entreposage).	
HIT 41	P. 23	Tableau 2-2	Tech	Les taux présentés sont des taux de récupération et non des taux de recyclage.	Considérer des taux plus faibles pour mieux représenter la réalité du recyclage.	Effectivement, dans la réalité les matières sont récupérées, puis triées, et le taux de recyclage illustre la combinaison des deux étapes. Cependant, dans notre cas la matière est effectivement recyclable et ne devrait donc pas être écartée lors du tri. Nous considérons donc que les emballages récupérés sont effectivement recyclés (à moins qu'il n'y ait pas de débouchés comme mentionné au commentaire précédent). Note : Un taux de pertes dans le procédé de recyclage (pour différencier les quantités de matière entrante et sortante à créditer) a été introduit.	Fermé
DB 42	2.9/23	Tableau 2-3	Tech	Selon la fiche de 3M (lien fourni), le poids d'un masque est de 11.3 g. l'addition des composantes énumérées dans le tableau est de 10.19 (3.45+3.07+2.27+1.0+.34+.06)	Fournir le poids moyen de vos échantillons	Je n'ai reçu qu'un seul échantillon et il pesait 10.19g. Cependant, les variations de masse sont couvertes par l'analyse de sensibilité (+/-20%).	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/fermé)
DB 43	2.9/23	Tableau 2-3	Tech	Selon la fiche de 3M (lien fourni) la fabrication est au EU ou Singapour	Modifier votre le modèle/la marque du masque analysé ou la provenance de celui-ci	En réalité, les approvisionnements en masques du CAG sont diversifiés (différents modèles, différentes marques). RECYC-QUÉBEC a souhaité étudier un masque N95 disposant d'une coque rigide, mais l'information sur le pays de provenance n'est pas disponible, donc nous avons fait l'hypothèse qu'il était le même que pour le masque de procédure. EL 2022-02-01 : Une analyse de sensibilité sur le lieu de fabrication du masque N95 a été ajoutée.	Fermé
DB 44	2.9/24	Tableau 2-3	Tech	Taux de matière recyclé dans la boîte = 100%. Tous les systèmes de collecte au Québec observent un taux de contamination de la matière variant entre 3 et 8 %. Le taux de contamination dans les bacs de recyclage était d'environ 11.4 % en 2018 (section rejets du document de Recyc-Québec)	Prévoir un taux de contamination réaliste	Nous avons recontacté tous les récupérateurs de masques. Ils ont tous confirmé que le taux de contamination était tellement négligeable qu'une valeur de 0% était la plus appropriée.	Fermé
BA 45	p. 25 – 2.10 Évaluation des impacts environnementaux....	Figure 2-6	Ed	Avoir une figure en anglais, mais ensuite utiliser des termes français dans le texte n'est pas intuitif. De plus, la figure ne montre pas les catégories d'impact de niveau de dommage qui sont évaluées dans l'étude, et il semble que la figure soit simplement copiée d'un autre document et non adaptée au projet sous étude	Traduire et adapter cette figure générique	L'image a été remplacée par sa version française. Les catégories de dommage sont illustrées à droite et les catégories de niveau problème sont dans la première colonne (en notant que la figure	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						mentionne « Utilisation des ressources » mais ne différencie pas les deux indicateurs – un pour les ressources fossiles et nucléaires, l’autre pour les ressources minérales -).	
BA 46	p.28 – 2.11.4 Analyses de sensibilité		Tech	Pourquoi le choix principal de scénario d’incinération et valorisation est l’usine Covanta aux États-Unis, alors qu’une option Québécoise est envisagée en analyse de sensibilité ; et que les deux autres scénarios envisagent la solution de fin de vie québécoise ?	Justification de ce choix. BA 2022-01-27 : ajouter cette justification dans le texte	C’est ce que RECYC-QUÉBEC souhaitait étudier. D’après leurs contacts chargés de la gestion de masques en fin de vie, ce sont les 3 options les plus probables actuellement. L’analyse de sensibilité sur l’incinération à la ville de Québec a été ajoutée sur demande de personnes habitant dans la ville de Québec (les seules personnes concernées par cette option d’ailleurs car l’incinérateur de Québec ne reçoit pas les déchets de Montréal). EL 2022-01-37 : La section 1 mentionnait « cette étude se concentre sur les deux masques et les trois traitements identifiés comme étant les plus utilisés et probables actuellement d’après les informations dont dispose RECYC-QUÉBEC » et « Diverses analyses de sensibilité sont	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/fermé)
						<p>aussi effectuées à la section 3.4, entre autres sur le cas d'une incinération à Québec avec valorisation énergétique ». Ces phrases ont été maintenues mais rassemblées pour plus de clarté.</p> <p>Concernant le fait que seuls les déchets de Québec sont traités à son incinérateur, la section 3.4.6 mentionnait « Bien que seuls les déchets de la ville de Québec y soient généralement envoyés, l'incinérateur de la Ville de Québec peut aussi accueillir des masques en fin de vie ». Cette phrase a donc été maintenue.</p>	
HIT 47	P. 28	2 ^e point de la liste	Gen		Mettre à jour la référence pour Recipe.	La référence a été modifiée.	Fermé
BA 48	p.28 – 2.11.4 Analyses de sensibilité		Tech	<p>« Crédit pour la production d'électricité (valorisation énergétique) » « Inclus. Il s'agit d'électricité du réseau NPCC des États-Unis »</p> <p>On n'évite pas un processus moyen comme celui du NPCC mais bien un processus marginal.</p>	Faire des analyses de sensibilité sur le scénario d'évitement, sachant que les conclusions sont très dépendantes du scénario d'évitement.	L'analyse de sensibilité a été ajoutée.	Fermé
HIT 49	P. 29, Section 2.11.5		Tech	Les analyses de sensibilité permettent de rendre les conclusions plus robustes, mais elles ne renseignent pas sur les différences significatives entre scénarios. De plus, pour	Inclure une analyse d'incertitude. Suggestion : des simulations Monte Carlo pourraient être	Une analyse de Monte Carlo différentielle a été ajoutée.	Fermé.

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/fermé)
				certain indicateurs, des analyses de sensibilité supplémentaires seraient nécessaires. Par exemple, pour l'indicateur Utilisation des ressources minérales, l'infrastructure a une contribution non négligeable tandis que les hypothèses sous-jacentes sont très incertaines.	effectuées sur les différences les plus petites sur les indicateurs les plus incertains (c.-à-d. pour lesquels les émissions sont les plus incertaines), notamment les indicateurs de dommages.		
BA 50	Section 3	Résultat et discussion	Tech	Est-il possible de comparer le résultat avec les récentes études ACV sur les masques ? https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/4948	Comparer pour voir si leurs résultats montrent une cohérence en termes de processus les plus impactants.	Une revue de littérature a été faite avant le début de la revue critique, afin de valider les résultats et les contributeurs. La production des matériaux ressortait effectivement (à moins qu'il y ait une explication pour le justifier, comme un transport par avion des masques). Je ne vois pas l'analyse de contribution pour le masque de procédure (M2) ni le supplementary information de l'article mentionné, donc je ne peux malheureusement pas valider que c'est le cas pour cette étude également.	Fermé.
HIT 51	Section 3		Tech	Selon ISO 14044, la relation entre les résultats de l'ICV et de l'ÉICV doit être discutée. Or, la section présente les contributions des grandes étapes du cycle de vie aux résultats ÉICV en abordant très peu les processus unitaires ou les flux élémentaires à l'origine des contributions.	Faire le lien en l'ICV et l'ÉICV pour les principales contributions.	L'analyse de contribution a été davantage détaillée (une section sur les contributions des flux d'inventaire a été ajoutée à la fin de la section sur les contributions des étapes du	Fermé. Note : la contribution de l'argile est étrange. Il aurait été pertinent de

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						cycle de vie, pour chacun des deux masques).	discuter de la validité du facteur de caractérisation.
BA 52	Section 3.1.2	Figure 3-1-	Ed	Figure - retirer les doubles titres (titre figure en bas devrait être le seul conservé) et le texte déborde sur les barres	Retravailler les figures.	Les titres ont été retirés du haut des figures.	Fermé.
BA 53	Section 3.1.3/ page 37	La section au complet	Ed	Analyse de contribution pas très pertinente à inclure dans le corps du rapport même s'il faut la faire pour comprendre les résultats.	À mettre en annexe – ça alourdit la lecture du rapport sans trop de valeur ajoutée pour le lecteur non spécialiste.	Nous faisons le choix de maintenir cette section dans le corps du rapport (cf deux commentaires plus haut, l'analyse de contribution fait partie des éléments requis par ISO). Le lecteur non averti pourra bien entendu prendre la liberté de ne pas lire cette section.	Fermé.
HIT 54	P. 39	4 ^e parag.	Tech	« Considérant que nos systèmes contiennent peu de méthane ». Qu'en est-il des autres GES? La dernière phrase du paragraphe prête à confusion. Il est également relativement facile de déterminer la contribution des GES pour une catégorie d'impacts dans Simapro. Ce serait mieux que d'y aller par déduction. Commentaire applicable aussi à la p. 47.	Modifier en conséquence.	Le paragraphe a été modifié.	Fermé
BA 55	P40	Tableau 3.2	tech	Problème couleurs : ex 100 % 2x, mais l'un est rouge et l'autre orange (utilisation ressources minérales).		Les couleurs ont été ajustées.	Fermé.

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
HIT 56	P. 40	1 ^{re} liste, 2 ^e point	Tech	La différence entre l'enfouissement et le recyclage sans les crédits est d'à peine 3% ou 4%. Sur la même page, deux scénarios séparés d'un écart de 6% sont considérés « peu différenciés ». Il y donc une incohérence sur l'application d'un seuil de « significativité. »	Tenir compte de l'incertitude dans les comparaisons et uniformiser la méthode pour déterminer les écarts non significatifs.	Bonne remarque. Des indications « peu différenciés » ont donc été ajoutées.	Fermé
BA 57	P41/ section 3.2.2		tech	Le total net devrait être retiré (le crédit n'est pas appliqué de façon uniforme et donne une interprétation biaisée).	Le total net devrait être retiré (le crédit n'est pas appliqué de façon uniforme et donne une interprétation biaisée).	La même méthodologie est appliquée à tous les scénarios, y compris pour le calcul du crédit. Le total net fournit une information certes différente des résultats des activités réalisées et évitées, mais celle-ci reste pertinente et complémentaire. Nous faisons le choix de la conserver.	Fermé.
BA 58	p.41 – 3.2.2 Analyse des contributions des étapes de cycle de vie aux résultats d'indicateurs	Figure 3.8 à 3.12	tech	Pour donner suite au commentaire précédent, on voit bien dans les résultats que plusieurs étapes sont identiques pour chaque masque.	Revoir la cohérence entre UF, objectif et frontières du système.	Voir réponses précédentes sur les objectifs de l'étude. Les frontières du systèmes n'ont pas été restreintes. EL 2022-02-08 : Les modifications discutées par courriel ont été apportées.	Fermé
HIT 59	P. 48	1 ^{re} liste, 4 ^e point	Ed	« résultats d'incitateurs »	Corriger.	La correction a été apportée.	Fermé
HIT 60	P. 48	1 ^{re} liste, 4 ^e point	Ed	Le processus de polypropylène semble un processus important dans la comparaison des systèmes.	Considérer effectuer une analyse de sensibilité. HIT 2022-01-27 : Je faisais référence au processus d'incinération de PP, qui	Dans la mesure où ce processus n'influe pas sur les conclusions de l'étude (car commun à tous les scénarios de fin de vie),	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
					n'est pas commun à chaque scénario.	l'analyse de sensibilité n'a pas été ajoutée. EL 2022-02-03 : Un paragraphe a été ajouté à la section de qualité des données (3.3) pour discuter de la contribution de ce processus aux résultats et de la variabilité des conclusions de l'étude en cas de modification.	
HIT 61	P. 52	1 ^{er} paragraphe	tech	Pour quelle raison est-ce que l'indicateur des ressources minérales donne des résultats plus favorables au recyclage avec Recipe?	Ajouter une explication.	Une explication a été ajoutée.	Fermé, bien que la cause de la différence reste floue
BA 62	P 52	Avant dernier paragraphe	tech	« ne comptabiliser aucun impact pour les processus de recyclage en fin de vie (y compris le transport de fin de vie et l'étape de tri), et à.. » À revoir. Habituellement, le transport jusqu'au centre de tri est inclus. De même que le démantèlement sur site (si applicable).	Voir : Developing a systematic framework for consistent allocation in LCA (Schrijvers et al 2016). Et justifier pourquoi le transport etc. n'est pas considéré.	Les deux approches (celle utilisée et celle que vous citez) existent. Nous avons choisi l'approche utilisée dans <i>ecoinvent</i> version cut-off par classification pour être cohérents avec l'arrière-plan (Source : https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/). La modélisation d'a donc pas été modifiée.	Fermé
HIT 63	P. 52	Avant-dernier paragraphe	Tech	On ne précise pas les changements effectués propres à chaque système. HIT 2022-01-27 : est-ce que le contenu recyclé de la boîte est pris en compte?	Préciser si seul le scénario recyclage est affecté par le changement de méthode d'allocation.	Les précisions ont été ajoutées. EL 2022-01-27 : Oui. La précision a été ajoutée à la section 3.4.3.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
HIT 64	P. 54	2 ^e et 3 ^e paragraphes de la section 3.4.5	Tech	Dans le scénario recyclage, est-ce que les composantes dont le matériau change ou ajoutées sont recyclées?	Préciser.	Les précisions ont été ajoutées.	Fermé
HIT 65	P. 55	1 ^{er} paragraphe	Tech	Les auteurs n'expliquent pas pourquoi l'utilisation de la barre en acier diminue les impacts potentiels quant aux ressources minérales.	Ajouter une explication.	Cela vient simplement des facteurs de caractérisation. La précision a été ajoutée.	Fermé
DB 66	3.4.5/55	2 ^e paragraphe	Tech	SVP expliquer la première phrase : L'utilisation de polypropylène (provenant de Chine) pour la barre nasale et les boucles auriculaires (au lieu d'aluminium et de polyester) permet quant à elle de réduire de 12 % à 47 % les résultats obtenus sur l'ensemble des indicateurs.	Clarifier	Je voulais simplement dire qu'avec les matériaux testés en analyse de sensibilité les résultats sont plus faibles de 12 % à 47 % selon l'indicateur. La phrase a été reformulée.	Fermé
HIT 67	P. 57	2 ^e paragraphe	Ed	Le terme « papeterie » est peu utilisé pour désigner une papetière (usine de pâtes et papiers).	Changer pour « papetière ».	La modification a été apportée.	Fermé
HIT 68	P. 57	3 ^e paragraphe	Tech	Le crédit de vapeur n'est pas décrit.	Décrire le crédit de valorisation de la vapeur de l'incinérateur. HIT 2022-01-27 : ajouter que de la vapeur produite avec du gaz naturel est déplacée.	Je ne suis pas certaine de comprendre quelles précisions sont souhaitées. Le rapport mentionne : « En se basant sur les quantités de chaleur et de déchets fournies par notre contact à la Ville de Québec pour l'année 2020, la quantité de vapeur valorisée représente 1500 kWh / tonne de déchets incinérés. Cependant, il s'agit d'un mélange de déchets dont le pouvoir calorifique varie d'un	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page <i>(ex. 3.1)</i>	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note <i>(ex. Tableau 1)</i>	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
						<p>matériau à l'autre. En ajustant cette valeur selon le ratio entre le pouvoir calorifique du polypropylène (supposé équivalent pour la totalité des masques étant donnée leur composition) et celui des déchets municipaux fournis par ecoinvent, on obtient que les masques de procédure et N95 permettent respectivement d'éviter la production de 0,013 et 0,043 kWh de chaleur industrielle par masque. »</p> <p>Le processus utilisé est Heat, district or industrial, natural gas {CA-QC} market for Cut-off, U.</p> <p>EL 2022-01-27 : La précision a été ajoutée à la section 3.4.6.</p>	
HIT 69	PP. 60-61	Section 3.4.8	Tech	Dans la liste des analyses de sensibilités pour lesquelles les « différences relatives entre scénarios ne sont pas affectés [sic] », on en retrouve certaines pour lesquelles c'est le cas pour un indicateur, dont Matériaux utilisés et Cas d'une incinération à Québec. De plus, Matériaux utilisés se trouve dans deux listes.	Revoir la classification des analyses de sensibilité dans cette section afin de mieux refléter les résultats des analyses de sensibilité.	La classification a été revue.	Fermé
HIT 70			Gen	Les pourcentages relatifs aux résultats cités dans le texte sont approximatifs et sont souvent accompagnés de « de l'ordre de ». Or,	Citer les pourcentages en les arrondissant à l'unité près, et non ex. à la dizaine.	Les pourcentages ont été modifiés.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
				la façon de les arrondir ne semble pas cohérente tout au long du rapport.			
HIT 71	P. 62	Dernier paragraphe	Tech	La recommandation de simplifier la composition des masques basée sur les résultats des analyses de sensibilité repose sur les hypothèses suivantes : 1- Le masque « simplifié » a une fonctionnalité équivalente à un masque conventionnelle. 2- La phase de production du masque « simplifié » et de ses matériaux a autant ou moins d'impacts potentiels sur l'environnement.	Ajouter ces hypothèses sur lesquelles reposent la recommandation afin de la nuancer.	Les nuances ont été ajoutées en note de bas de page.	Fermé
HIT 72	P. 64	Dernier paragraphe	Tech	Bien que je comprenne la recommandation sur les masques réutilisables, elle semble en adéquation avec plusieurs contextes dans lesquels les masques sont utilisés et les exigences de la santé publique.	Revoir la recommandation ou simplement ajouter une mention du genre « là où les exigences sanitaires le permettent. »	La nuance a été ajoutée en note de bas de page.	Fermé
HIT 73	Annexe B		Tech	Les références de cette annexe ne semblent pas à jour. Exemple les changements climatiques.	Corriger.	L'annexe a été modifiée. EL 2022-01-27 : Les références manquantes ont été ajoutées dans l'annexe B.	Fermé. Note : les potentiels de réchauffement planétaires (PRP ou GWP) devraient être les plus récents que ceux de l'AR4. D'ailleurs la référence à

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
							GIEC (2007) est manquante dans la liste.
HIT 74	Annexe C	Onglet Masque de procédure	Tech	Je ne crois pas que la boucle auriculaire soit composée de polyester « non woven », mais plutôt du polyester tissé.	Améliorer la modélisation de la boucle considérant que sa contribution maximale est de 40% selon l'annexe D.	Un procédé de woven polyester a été créé à partir du processus de tissage du coton d'ecoinvent.	Fermé
HIT 75	Annexe C	Onglet Masque de procédure	Tech	La boîte de carton plat est modélisée avec un processus de « coreboard ».	Considérer utiliser un autre processus de carton afin de mieux modélisation la boîte.	Le processus de corrugated board box a été utilisé (comme pour le carton contenant les boîtes).	Fermé, bien que le « corrugated board » ne soit pas du carton plat
HIT 76	Annexe C	Onglet Masque de procédure	Tech	La production évitée pour l'emballage de plastique est celle de propylène tandis que l'emballage de plastique est fait vraisemblablement de PE.	Corriger.	Le film de plastique a été modifié et modélisé par du LDPE (production, fin de vie, crédit).	Fermé
HIT 77	Annexe C	Onglet Masque de procédure	Tech	Les crédits de recyclage correspondent à 100% de la matière contenue dans le masque. Il est très optimiste de ne pas considérer de pertes.	Bien qu'il y ait une analyse de sensibilité sur le recyclage des composantes centrales uniquement, inclure un taux de pertes dans le scénario de base.	Dans <i>ecoinvent</i> , les quantités de déchets plastique (déjà triés) entrants dans les processus de recyclage varient entre 1.06 et 1.25 kg pour obtenir 1 kg de matière recyclée. Une valeur de 15% de pertes a donc été utilisée.	Fermé
HIT 78	2.11.2		Tech	La méthode d'évaluation de la qualité de données décrite (à deux critères, c.-à-d. fiabilité et représentativité) ne semble pas correspondre à la méthode utilisée dans l'annexe D. Dans ce dernier, cinq critères sont	Mettre à jour la section.	EL 2022-01-27 : Effectivement. La description de l'approche a été modifiée à la section 2.11.2.	Fermé

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/ fermé)
				utilisés et ressemblent beaucoup à la « méthode Weidema. »			
DB 79	page 31 et 61			Dans la présentation de l'option Incinération à Québec, en plus des deux papetières il y a aussi un hôpital (mégahôpital de l'Enfant-Jésus) comme utilisateur de la vapeur.		EL 2022-01-27 : Ce n'est malheureusement pas ce que la personne de la ville de Québec m'avait indiqué. J'ai lu un rapport mentionnant que c'était effectivement une solution envisagée pour la partie de la vapeur actuellement émise à l'atmosphère (et donc perdue). Mais les nouvelles indiquent que « Le début de la construction de la canalisation est prévu pour le printemps 2023. Le CHU de Québec estime que la vapeur pourra alimenter le nouveau centre hospitalier aux alentours de décembre 2024. » donc cela ne semble pas encore être en place et la modification n'a pas été apportée. Note : En termes de modélisation ACV, le lieu d'utilisation ne change rien (on considère dans les deux cas que l'on évite de produire de la vapeur à partir de gaz naturel).	Fermé
DB 80				Selon le document ci-joint, la provenance du modèle N95 illustré serait différente que celle mentionnée. Lire aussi : https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-		EL 2022-02-01 : Une analyse de sensibilité sur le lieu de fabrication a été ajoutée. Considérant que les modèles de	Fermé

Revue critique

#	No. de chapitre/ No. de section/ Page (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert/fermé)
				developpement-economique/nouvelles/2021/04/livraison-maintenant-en-cours-pour-les-respirateurs-n95-fabriques-au-canada-dans-linstallation-de-3m-canada-situee-a-brockville.html		masques de 3M produits à Singapour ne correspondent pas au modèle étudié (rigide à coque), les lieux étudiés sont les États-Unis, l'Ontario, et le Québec.	
DB 81				La version du N95 avec valve permet aux particules et aérosols de sortir et ne doit pas être utilisée dans le contexte de la pandémie actuelle. La mention de ce modèle devrait être retirée.		EL 2022-01-28 : Le modèle avec valve a été retiré.	Fermé

ANNEXE B : GRILLE DE CONFORMITÉ ISO

1	EXIGENCES GÉNÉRALES POUR LE RAPPORT	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
1.1	Est-ce que les résultats et conclusions de l'ACV sont communiqués de manière complète et précise au public concerné sans parti pris?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	Est-ce que les résultats, données, méthodes, hypothèses et limitations sont transparents et présentés de manière suffisamment détaillée pour permettre au lecteur de comprendre les complexités et les compromis inhérents à l'ACV?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	Est-ce que le rapport permet d'utiliser les résultats et leur interprétation de manière cohérente avec les objectifs de l'étude?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	Mandataire et auteur de l'étude ACV (interne ou externe)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	Date du rapport		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6	Mention précisant que l'étude a été réalisée en conformité avec les exigences de la norme internationale ISO 14040/44.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	BUT DE L'ÉTUDE	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
2.1	Raisons pour conduire l'étude		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Applications envisagées		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	Public cible		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Mention précisant si l'étude va appuyer des affirmations comparatives destinées à être divulguées au public.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	SCOPE OF THE STUDY – FUNCTION, FUNCTIONAL UNIT AND SYSTEM BOUNDARY	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
	Fonction			
3.1	Définition		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	Mention sur les caractéristiques de performance		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	Toute omission de fonctions supplémentaires dans les comparaisons		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Unité fonctionnelle			
3.4	Définition		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5	Cohérence avec les objectifs et le champ de l'étude		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6	Résultat de la mesure de la performance		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Frontière du système			
3.7	Définition		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Revue critique

3.8	Omissions d'étapes du cycle de vie, de processus ou de besoins en données		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.9	Quantification des intrants et extrants énergétiques et matériels		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.10	Hypothèses sur la production d'électricité		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Critères de coupure pour l'inclusion ou l'exclusion des flux élémentaires et intermédiaires			
3.11	Description des critères de coupure et hypothèse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.12	Effet de la sélection sur les résultats	Aucun critère de coupure utilisé.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.13	Inclusion des critères de coupure de masse, d'énergie et environnementaux	Aucun critère de coupure utilisé.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
4.1	Méthodes de recueil des données		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	Description qualitative et quantitative des processus élémentaires		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.3	Sources de la documentation		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4	Modes opératoires de calcul		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.5	Évaluation de la qualité des données		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6	Traitement des données manquantes		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7	Analyse de sensibilité pour l'affinage des frontières du système		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.8	Documentation et justification des règles d'imputation		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.9	Application uniforme des règles d'imputation		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	ÉVALUATION DE L'IMPACT DU CYCLE DE VIE (EICV)	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
5.1	Modes opératoires, calculs et résultats de l'EICV		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2	Limitations des résultats de l'EICV par rapport aux objectifs et au champ de l'ACV		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	Relation entre les résultats de l'EICV et les objectifs et le champ de l'étude		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4	Relation entre les résultats de l'EICV et les résultats d'ICV		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	Catégories d'impact et les catégories d'indicateurs considérées, y compris une justification de leur sélection et une référence de leur source		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.6	Description ou référence de tous les modèles de caractérisation, des facteurs de caractérisation et des méthodes utilisés, y compris toutes les hypothèses et les limitations		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.7	Description ou référence de tous les choix de valeurs utilisés en rapport avec les catégories d'impact, les modèles de caractérisation, les facteurs de caractérisation, la normalisation, le regroupement, la pondération et, ailleurs dans l'EICV, une justification de leur utilisation et de leur influence sur les résultats, les conclusions et recommandations	Toutes les catégories d'impacts de la méthode ImpactWorld+ ont été incluses. Aucune normalisation, regroupement ou pondération effectuée.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.8	Mention précisant que les résultats de l'EICV sont des expressions relatives et qu'elles ne prédisent pas les effets sur les impacts finaux par catégorie, le dépassement des seuils, les marges de sécurité ou les risques		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Lorsqu'applicable:			
5.9	Description et justification de la définition et de la description de toutes nouvelles catégories d'impact, de nouveaux indicateurs de catégorie ou de nouveaux modèles de caractérisation utilisés pour l'ACVI	Aucune nouvelle catégorie.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.10	Mention et justification de tout regroupement des catégories d'impact	Aucun regroupement.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.11	Toutes les autres méthodes transformant les résultats d'indicateurs et une justification des références sélectionnées, des facteurs de pondération, etc.;		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.12	Toute analyse des résultats d'indicateurs, par exemple, les analyses de sensibilité et d'incertitude ou l'utilisation de données environnementales, y compris l'implication pour les résultats;		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.13	Données et résultats d'indicateurs obtenus avant toute opération de normalisation, regroupement ou pondération, ainsi que les résultats normalisés, regroupés ou pondérés.	Aucun regroupement, etc.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	INTERPRÉTATION DU CYCLE DE VIE	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
6.1	Résultats		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	Hypothèses et limitations associées à l'interprétation des résultats, en relation avec la méthodologie et les données		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3	Évaluation de la qualité des données		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4	Transparence totale en termes de choix de valeurs, justifications et appréciations d'expert		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	EXIGENCES ADDITIONNELLES POUR LES ÉTUDES COMPARATIVES DIVULGUÉES AU PUBLIC	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A

Revue critique

7.1	Une analyse des flux de matières et d'énergie pour justifier leur inclusion ou leur exclusion		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	Une évaluation de la précision, de la complétude et de la représentativité des données utilisées		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3	Une description de l'équivalence des systèmes comparés		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4	Description du processus de revue critique		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.5	Évaluation de la complétude de l'EICV		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.6	Mention indiquant si une acceptation internationale existe ou non pour les indicateurs de catégorie sélectionnés et une justification de leur utilisation		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.7	Explication de la validité scientifique et technique et de la pertinence environnementale des indicateurs de catégorie utilisés dans l'étude		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.8	Résultats des analyses d'incertitude et de sensibilité		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.9	Évaluation de la signification des différences trouvées		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	REVUE CRITIQUE	COMMENTAIRES	COCHER SI CONFORME	N/A
8.1	Nom et affiliation des réviseurs		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2	Rapport de revue critique		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.3	Réponses aux recommandations		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>