



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 et réutilisables

Juin 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
MONTREAL**

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

Flavien Binet, M.Sc.A.

Révision

François Saunier, M.Sc.A.

Support technique

Dominique Maxime, Ph.D.

Collaboration

Estelle Louineau, M.Ing.

Direction de projet

Pr Réjean Samson, B.Ing., Ph.D.

Revue critique par un comité de parties prenantes

Hugues Imbeault-Tétreault, ing., 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, ing., M.Env. Révision externe
Directeur de projets, Services Conseils Environnementaux Bernier Inc.

Sommaire

Depuis le début de la pandémie du coronavirus 2019 (COVID-19), le port du masque est mis de l'avant au Québec pour restreindre la propagation du virus. Le port du masque dans les lieux de travail institutionnels et dans les commerces est obligatoire depuis juillet 2020. La production et l'utilisation de ces masques engendrent plusieurs impacts environnementaux en plus d'être une source importante de déchets. RECYC-QUÉBEC est donc interpellée par la problématique de leur empreinte environnementale, et cherche à savoir quelles bonnes pratiques encourager. Plus précisément, RECYC-QUÉBEC souhaite comparer les impacts environnementaux et économiques de cinq masques différents : un masque de procédure à usage unique, un masque N95 à usage unique, un masque N95 réutilisable, un masque en tissu réutilisable et un masque à base de PLA/cellulose à usage unique.

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 d'évaluer les profils environnementaux (du berceau au tombeau) de trois masques à usage unique (de procédure, N95 et PLA/cellulose) et de deux masques réutilisables (procédure en tissu réutilisable, N95 réutilisable).

Il existe différents modèles de masques N95 à usage unique et N95 réutilisable (souples ou rigides par exemple) ou de masques en tissu réutilisables. Les modèles de masques étudiés dans cette étude sont illustrés ci-dessous.

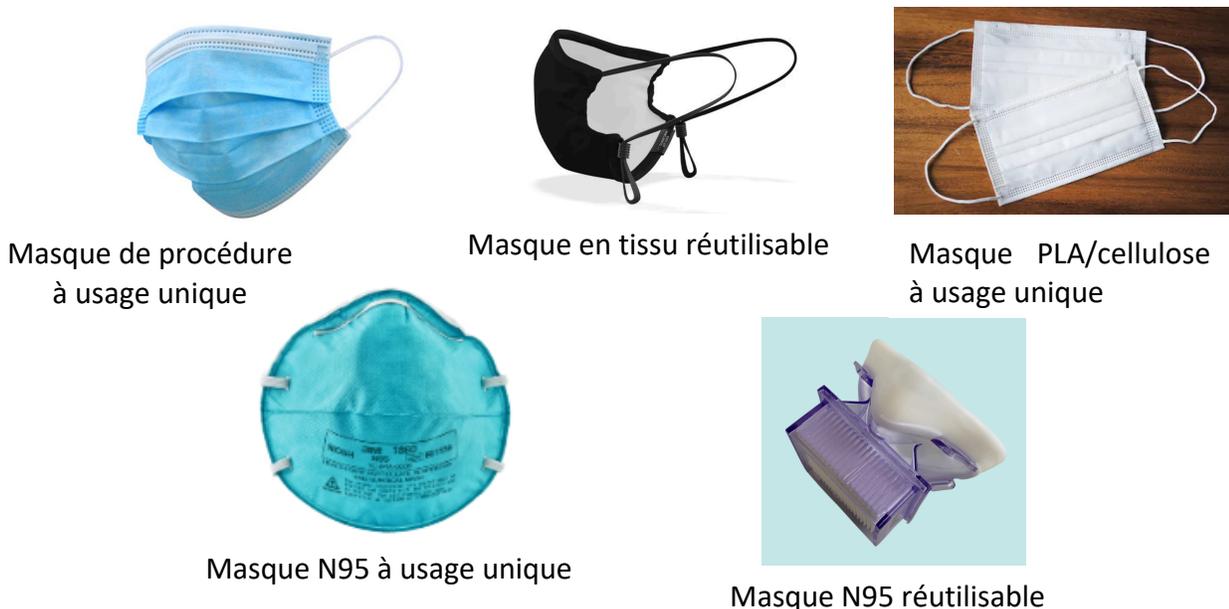


Figure S-1 : Illustration des masques à l'étude.

Le niveau de protection des masques étant différent, plusieurs unités fonctionnelles doivent être utilisées. Les **unités fonctionnelles** ont été définies comme suit :

1. « Protéger une personne à l'aide d'un masque certifié ASTM de niveau 1 pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. »
 - Utilisée pour le masque de procédure à usage unique et le masque en tissu réutilisable
2. « Protéger une personne à l'aide d'un masque certifié ASTM de niveau 2 pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. »
 - Utilisée pour le masque N95 à usage unique et le masque N95 réutilisable
3. « Protéger une personne à l'aide d'un masque à usage unique non certifié pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. »
 - Utilisée pour le masque PLA/cellulose à usage unique

D'après les recommandations du gouvernement du Québec¹ sur le port des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique, ceux-ci doivent être changés respectivement toutes les 4 heures et toutes les 8 heures. D'après les fabricants et selon leurs certifications, les masques en tissu réutilisables et les masques N95 réutilisables sont utilisables chacun respectivement 100 et 50 fois, avec un nettoyage après 8 heures d'utilisation. D'après les recommandations des fabricants, les masques à usage unique en PLA/cellulose doivent être changés toutes les 4 heures comme les masques de procédure à usage unique.

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 fabrication de masque par exemple), puis complétées avec des données génériques issues de la littérature ou de la base de données d'inventaire du cycle de vie *ecoinvent*.

Cette étude couvre l'ensemble du cycle de vie des masques, de l'extraction des matières premières nécessaire à leur fabrication jusqu'à leur fin de vie. Une étude spécifique sur la fin de vie des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique a été réalisée en parallèle à ce projet et compare les impacts environnementaux potentiels de leurs recyclage, incinération ou enfouissement (RECYC-QUEBEC, 2022).

Selon cette dernière étude, l'enfouissement n'est pas le scénario à privilégier, néanmoins c'est le traitement en fin de vie retenu ici, car c'est le scénario le plus probable pour tous les masques en s'appuyant sur les déclarations des fournisseurs, et cela reflète la situation

¹ https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2957-mesures_exceptionnelles_equipements_protection_individuelle_v3.0_2021-03-30.pdf

actuelle des masques au Québec (le recyclage des masques est peu répandu principalement à cause des coûts liés à la récupération des masques).

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 également inclus dans les deux indicateurs de niveau dommage *Santé humaine et Qualité des écosystèmes*.

La comparaison générale des masques pour chacun des types de certification est illustrée dans le Tableau S-1 et Tableau S-2. Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100% est attribuée au résultat le plus élevé, et les autres résultats sont exprimés en valeur relative à 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 environnemental.

Le masque en PLA/cellulose à usage unique est inclus dans le rapport à titre indicatif. Il n'existe pas d'équivalent réutilisable auquel il pourrait être comparé. Ce masque n'étant pas encore certifié, ces résultats ne peuvent pas être comparés avec les autres types de masques, car ils ne sont pas fonctionnellement équivalents. Pour les mêmes raisons et par absence de données (le masque n'étant pas encore sur le marché), la section économique ne traite pas de ce masque.

Tableau S-1 : Comparaison des résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 1 (masque de procédure à usage unique et masque en tissu réutilisable)

Indicateur	Masque de procédure à usage unique	Masque en tissu réutilisable
Changement climatique	100%	2%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	2%
Utilisation de ressources minérales	100%	40%
Santé humaine	100%	13%
Qualité des écosystèmes	100%	8%

Pour une période de 8h : utilisation de 2 masques de procédure à usage unique et 1/100 masque en tissu réutilisable (voir Tableau 2-1)

Tableau S-2 : Comparaison des résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 2 (masque N95 à usage unique et masque N95 réutilisable)

Indicateur	Masque N95 à usage unique	Masque N95 réutilisable
Changement climatique	100%	26%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	19%
Utilisation de ressources minérales	100%	33%
Santé humaine	100%	23%
Qualité des écosystèmes	100%	34%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir Tableau 2-1)

L'interprétation des résultats permet d'identifier que le masque en tissu réutilisable et le masque N95 réutilisable obtiennent des scores plus faibles que, respectivement, le masque de procédure à usage unique (-60% à -98% selon l'indicateur) et le masque N95 à usage unique (-66% à -81%). Ceci est principalement dû au nombre d'utilisation. Les masques réutilisables pouvant être réutilisés 50 (N95 réutilisable) et 100 fois (tissu réutilisable), les impacts potentiels de leur production sont divisés par 50 et 100 et l'ajout des opérations de lavage durant la phase d'utilisation de ces masques ne renverse toutefois pas leur positionnement. À noter, que le masque en tissu réutilisable considéré dans cette étude doit être nettoyé au four pendant 30 minutes à 93°C (200°F), néanmoins d'autres modèles de masque en tissu réutilisable utilisent d'autres techniques de nettoyage (comme le lavage en machine à laver). **L'utilisation des masques réutilisables est donc favorable d'un point de vue environnemental.**

Le nombre d'utilisations des masques réutilisables influence ces résultats. Pour le masque N95 à usage unique, des résultats plus élevés sont obtenus dès 8 réutilisations du masque N95 réutilisable. Le masque de procédure à usage unique obtient des résultats plus élevés pour certains indicateurs dès que le masque en tissu réutilisable est utilisé plus de 4 fois. **Il reste recommandé que les utilisateurs maximisent le nombre d'utilisations d'un masque réutilisable pour atteindre la valeur recommandée par les fabricants.**

Enfin, les résultats obtenus mettent en évidence que le traitement de fin de vie (en site d'enfouissement) du masque représente moins de 5 % des scores d'impact obtenus pour tous les indicateurs, et quel que soit le masque, à l'exception du score pour le changement climatique du masque PLA/cellulose à usage unique (23%). Les autres étapes du cycle de

vie des masques sont donc des facteurs primordiaux vis-à-vis de l’empreinte environnementale des masques. En particulier, la production des matériaux contenus dans les masques représente entre 57 % et 93 % (selon les indicateurs) des résultats d’indicateurs obtenus pour les masques à usage unique et entre 5% et 86% (selon les indicateurs) pour les masques réutilisables. L’étape d’utilisation des masques réutilisables est aussi une des plus contributrice (entre 13% et 93% selon l’indicateur observé). **Une réflexion sur les matières premières (simplification de la composition, réduction de la quantité) et sur des techniques de nettoyage alternatives est donc également recommandée.**

Une analyse économique, selon une approche du coût total d’achat et de possession pour l’utilisateur, a également été réalisée. Comme pour l’analyse environnementale, le traitement en fin de vie retenu comme le plus probable étant l’enfouissement, l’analyse économique reflète cette hypothèse. Néanmoins un deuxième scénario considérant la récupération des masques pour traitement subséquent, avec inclusion des coûts de récupération des masques auprès des institutions, a aussi été considéré.

Cette analyse a permis de dégager quelques tendances :

- Le coût des masques est toujours inférieur lors d’achat en grande quantité. Ce type de commande est donc recommandé ;
- Le coût des masques réutilisables est très sensible aux nombres de réutilisations qui en sont faites. Il faut maximiser ce nombre de réutilisations jusqu’aux limites de recommandations des fabricants ;
- Les masques réutilisables sont moins chers pour l’utilisateur s’ils sont réutilisés plus de 34 fois (avec une recommandation maximale de 50 et 100 réutilisations pour les masque étudiés) s’ils sont achetés en petite quantité (1 à 100 unités).
- Pour de grandes commandes (plus de 10 000 unités), le prix des masques réutilisables est de 7% à 15% (respectivement pour les N95 réutilisables et ceux en tissu réutilisable) moins cher par unité fonctionnelle que ceux à usage unique.
- Les coûts liés au nettoyage des masques réutilisables ne sont pas négligeables (13 % à 29 % selon les masques réutilisables).
- Pour le scénario de récupération, les coûts de récupération représentent 35 % et 25 % du coût total des masques pour respectivement les masques de procédure à usage unique et les masques N95 à usage unique.

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE TRAVAIL	1
SOMMAIRE	2
LISTE DES TABLEAUX	10
LISTE DES FIGURES	12
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES	14
1 MISE EN CONTEXTE	15
2 MODÈLE D'ÉTUDE ACV	17
2.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE ET APPLICATION ENVISAGÉE	17
2.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES PRODUITS À L'ÉTUDE	17
2.2.1 <i>Masque de procédure à usage unique</i>	17
2.2.2 <i>Masque N95 à usage unique</i>	19
2.2.3 <i>Masque N95 réutilisable</i>	20
2.2.4 <i>Masque en tissu réutilisable</i>	20
2.2.5 <i>Masque à base de PLA/cellulose</i>	21
2.3 CONTEXTE D'UTILISATION	22
2.4 FONCTION ET UNITÉ FONCTIONNELLE	23
2.5 TRAITEMENT DES FONCTIONS SECONDAIRES ET RÈGLES D'IMPUTATION	24
2.6 FRONTIÈRES GÉOGRAPHIQUES ET TEMPORELLES	25
2.7 PROCESSUS DE COLLECTE DE DONNÉES	27
2.8 DESCRIPTION DES SYSTÈMES ET SCÉNARIOS MODÉLISÉS	28
2.9 DONNÉES ET HYPOTHÈSES PRINCIPALES UTILISÉES	30
2.10 ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU CYCLE DE VIE (ÉICV)	31
2.10.1 <i>Méthode IMPACT World+</i>	31
2.10.2 <i>Comptabilité du carbone biogénique</i>	33
2.11 INTERPRÉTATION.....	34
2.11.1 <i>Analyse de l'inventaire</i>	34
2.11.2 <i>Évaluation de la qualité des données d'inventaire</i>	34
2.11.3 <i>Analyse de cohérence et de complétude</i>	35
2.11.4 <i>Analyses de sensibilité</i>	35
2.11.5 <i>Analyse d'incertitude</i>	36
2.12 REVUE CRITIQUE	37
3 RÉSULTATS ET DISCUSSION	39

3.1	PROFIL ENVIRONNEMENTAL DU CYCLE DE VIE DES MASQUES ASTM 1 : MASQUE DE PROCÉDURE À USAGE UNIQUE ET MASQUE EN TISSU RÉUTILISABLE	39
3.1.1	<i>Analyse des contributions des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs.....</i>	39
3.1.2	<i>Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage.....</i>	46
3.1.3	<i>Comparaison des résultats sur l'ensemble des indicateurs</i>	51
3.2	PROFIL ENVIRONNEMENTAL DU CYCLE DE VIE DES MASQUES ASTM 2 : MASQUE N95 À USAGE UNIQUE ET MASQUE N95 RÉUTILISABLE	52
3.2.1	<i>Analyse des contributions des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs.....</i>	52
3.2.2	<i>Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage.....</i>	58
3.2.3	<i>Comparaison des résultats sur l'ensemble des indicateurs</i>	62
3.3	PROFIL ENVIRONNEMENTAL DU CYCLE DE VIE DU MASQUE PLA/CELLULOSE À USAGE UNIQUE	63
3.3.1	<i>Analyse de contribution des étapes du cycle de vie aux résultats d'indicateurs.....</i>	63
3.3.2	<i>Analyse de contributions des problèmes environnementaux aux résultats des deux indicateurs de dommage.....</i>	66
3.4	QUALITÉ DES DONNÉES DE L'INVENTAIRE	68
3.5	ANALYSES DE SENSIBILITÉ.....	70
3.5.1	<i>Analyse de sensibilité sur le choix des indicateurs environnementaux (inclusion de l'indicateur Écotoxicité de l'eau douce, long terme).....</i>	70
3.5.2	<i>Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux</i>	72
3.5.3	<i>Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des masques réutilisables et durée de port des masques à usage unique</i>	75
3.5.4	<i>Analyse de sensibilité sur les quantités de matériaux</i>	81
3.5.5	<i>Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour les masques à usage unique</i>	84
3.5.6	<i>Analyse de sensibilité sur le lieu de fabrication du masque N95</i>	86
3.5.7	<i>Analyse de sensibilité sur la provenance de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique</i>	88
3.5.8	<i>Analyse de sensibilité sur les types de lavage du masque N95 réutilisable</i>	89
3.5.9	<i>Conclusions générales sur les analyses de sensibilité</i>	91
3.6	ANALYSE D'INCERTITUDE	91
3.7	APPLICATIONS ET LIMITATIONS DE L'ÉTUDE.....	93
3.8	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	94
4	ANALYSE ÉCONOMIQUE.....	96
4.1	IDENTIFICATION DES COÛTS DIRECTS ET INDIRECTS	96
4.2	COÛTS DIRECTS DE L'UTILISATION DES MASQUES À USAGE UNIQUE ET DES MASQUES RÉUTILISABLES.....	98
4.3	RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES COÛTS – SCÉNARIO D'ENFOUSSEMENT EN FIN DE VIE	99

4.4	RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES COÛTS – SCÉNARIO DE RÉCUPÉRATION EN FIN DE VIE	103
4.5	CONCLUSION DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE	105
5	CONCLUSIONS.....	106
6	RÉFÉRENCES.....	108
	ANNEXE A – MÉTHODOLOGIE ACV	111
	ANNEXE B – DESCRIPTION DE LA MÉTHODE IMPACT WORLD+	112
	ANNEXE C – INVENTAIRE	113
	ANNEXE D – QUALITÉ DES DONNÉES	114
	ANNEXE E – RÉSULTATS.....	115
	ANNEXE F – DONNÉES ET HYPOTHÈSES	116
	RAPPORT DE REVUE CRITIQUE.....	127

Liste des tableaux

Tableau S-1 : Comparaison des résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 1 (masque de procédure à usage unique et masque en tissu réutilisable)	4
Tableau S-2 : Comparaison des résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 2 (masque N95 à usage unique et masque N95 réutilisable)	5
Tableau 2-1 : Caractéristiques de performance et flux de référence pour les masques	24
Tableau 2-2 : Activités incluses et exclues de la modélisation.....	29
Tableau 2-3 : Membres du comité de revue critique.....	37
Tableau 3-1 : Résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 1	51
Tableau 3-2 : Résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 2	62
Tableau 3-3 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour les masques certifiés ASTM 1	73
Tableau 3-4 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour les masques certifiés ASTM 2	74
Tableau 3-5 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des masques réutilisables et durée de port des masques à usage unique (procédure à usage unique et tissu réutilisable)	76
Tableau 3-6 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des masques réutilisables et durée de port des masques à usage unique (N95 à usage unique et N95 réutilisable).....	78
Tableau 3-7 : Analyse de sensibilité sur la quantité de matériaux utilisée pour les masques de procédure à usage unique et en tissu réutilisable	82
Tableau 3-8 : Analyse de sensibilité sur la quantité de matériaux utilisée pour les masques de N95 à usage unique et N95 réutilisable	83
Tableau 3-9 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisée pour le masque de procédure à usage unique comparé avec le masque en tissu réutilisable	84
Tableau 3-10 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisée pour le masque N95 à usage unique comparé avec le masque N95 réutilisable	85
Tableau 3-11 : Analyse de sensibilité sur la provenance des matériaux utilisée pour le masque N95 à usage unique comparé avec le masque N95 réutilisable.....	87
Tableau 3-12 : Analyse de sensibilité sur la provenance de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique.....	88

Tableau 3-13 : Analyse de sensibilité sur le type de nettoyage utilisé pour le masque N95 réutilisable	90
Tableau 3-14 : Récapitulatif des analyses de Monte-Carlo pour les masques certifiés ASTM 1 et ASTM 2.....	92
Tableau 4-1 : Coûts associés aux masques de protection.....	97
Tableau 4-2 : Coûts directs pour l'utilisateur – Masques à usage unique ou masques réutilisables (cas enfouissement).....	99
Tableau 4-3 : Coûts directs pour l'utilisateur – Masques à usage unique ou masques réutilisables (cas récupération).....	103
Tableau 6-1 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque de procédure à usage unique	116
Tableau 6-2 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque N95 à usage unique.....	118
Tableau 6-3 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque N95 réutilisable	120
Tableau 6-4 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque en tissu réutilisable	123
Tableau 6-5 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque PLA/cellulose à usage unique	125

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 à usage unique (TESTEX, 2021).	18
Figure 2-2 : Illustration des matériaux requis pour le masque de procédure à usage unique (TESTEX, 2021).	18
Figure 2-3 : Illustration des emballages du masque de procédure à usage unique.	19
Figure 2-4 : Frontières des systèmes à l'étude.	28
Figure 2-5 : Illustration de la méthode IMPACT World+.	31
Figure 3-1 : Profil environnemental du masque de procédure à usage unique pour les cinq indicateurs (<i>méthode IMPACT World+</i>) (<i>UF : période de 8h = 2 masques de procédure à usage unique</i>)	42
Figure 3-2 : Profil environnemental du masque en tissu réutilisable pour les cinq indicateurs (<i>méthode IMPACT World+</i>) (<i>UF : période de 8h = 1/100 masque en tissu réutilisable</i>)	45
Figure 3-3 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque de procédure à usage unique (<i>UF : période de 8h = 2 masques de procédure à usage unique</i>)	47
Figure 3-4 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque de procédure à usage unique (<i>UF : période de 8h = 2 masques de procédure à usage unique</i>)	47
Figure 3-5 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque en tissu réutilisable (<i>UF : période de 8h = 1/100 masque en tissu réutilisable</i>)	49
Figure 3-6 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque en tissu réutilisable (<i>UF : période de 8h = 1/100 masque en tissu réutilisable</i>)	50
Figure 3-7 : Profil environnemental du masque N95 à usage unique pour les cinq indicateurs (<i>méthode IMPACT World+</i>) (<i>UF : 8h = 1 masque N95 à usage unique</i>)	54
Figure 3-8 : Profil environnemental du masque N95 réutilisable pour les cinq indicateurs (<i>méthode IMPACT World+</i>) (<i>UF : 8h = 1/50 masque N95 réutilisable</i>)	57

Figure 3-9 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque N95 à usage unique (UF : période de 8h = 1 masque N95 à usage unique).....	58
Figure 3-10 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque N95 à usage unique (UF : période de 8h = 1 masque N95 à usage unique).....	59
Figure 3-11 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque N95 réutilisable (UF : période de 8h = 1/50 masque N95 réutilisable).....	60
Figure 3-12 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque N95 réutilisable (UF : période de 8h = 1/50 masque N95 réutilisable).....	61
Figure 3-13 : Profil environnemental du masque PLA/cellulose à usage unique pour les cinq indicateurs (méthode IMPACT World+) (UF : période de 8h = 2 masques de PLA/cellulose à usage unique)	64
Figure 3-14 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Santé humaine</i> pour le masque PLA/cellulose à usage unique (UF : période de 8h = 2 masques de PLA/cellulose à usage unique).....	66
Figure 3-15 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque PLA/cellulose à usage unique (UF : période de 8h = 2 masques de PLA/cellulose à usage unique)	67
Figure 3-16 : 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 PLA/cellulose à usage unique.	71
Figure 3-17 : Comparaison du masque de procédure à usage unique et du masque en tissu réutilisable, en fonction du nombre d'utilisations des masques (méthode IMPACT World+).....	77
Figure 3-18 : Comparaison du masque N95 à usage unique et du masque N95 réutilisable, en fonction du nombre d'utilisations des masques (méthode IMPACT World+)	79
Figure 4-1 : Coûts directs des masques en fonction du nombre d'utilisations des masques (achat en petite quantité).....	102

Liste des abréviations et sigles

ACV	Analyse du cycle de vie
ASTM	American society for testing and materials
BNQ	Bureau de normalisation du Québec
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)
UF	Unité fonctionnelle (unité de comparaison des différents scénarios)
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
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
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 du coronavirus 2019 (COVID-19), le port du masque est mis de l'avant au Québec pour restreindre la propagation du virus. Le port du masque dans les lieux de travail institutionnels et dans les commerces est obligatoire depuis juillet 2020. Ces masques portent un questionnement quant à leur impact environnemental sur l'ensemble de leur cycle de vie, et représentent un gisement de matières résiduelles à traiter en forte croissance par rapport à la situation pré-pandémique. RECYC-QUÉBEC est donc interpellé par la problématique de leur empreinte environnementale, et cherche à savoir quelles bonnes pratiques encourager. Plus précisément, RECYC-QUÉBEC souhaite comparer cinq masques différents : le masque de procédure à usage unique, le masque N95 à usage unique, le masque N95 réutilisable, le masque en tissu réutilisable et le masque PLA/cellulose à usage unique.

Ces masques peuvent être à usage unique (procédure à usage unique, N95 à usage unique et PLA/cellulose à usage unique) ou réutilisables (N95 réutilisable et tissu réutilisable). Néanmoins ces masques ne sont pas directement comparables, car ils n'ont pas les mêmes caractéristiques de protection : taux de filtration et certifications (voir section 2.3). D'autres masques et d'autres formes de valorisation des masques pourraient voir le jour, mais cette étude se concentre sur les cinq masques susmentionnés.

Note : Une étude précédente (RECYC-QUEBEC, 2022) s'est intéressée plus particulièrement à la fin de vie des masques de procédure à usage unique et des masques N95 à usage unique en analysant trois scénarios que sont l'enfouissement, l'incinération avec valorisation énergétique et le recyclage. Les options de fin de vie ne sont donc pas étudiées en détail dans cette étude.

Selon cette dernière étude, l'enfouissement n'est pas le scénario à privilégier, néanmoins c'est le traitement en fin de vie retenu ici, car c'est le scénario le plus probable pour tous les masques en s'appuyant sur les déclarations des fournisseurs, et cela reflète la situation actuelle des masques au Québec (principalement dû aux coûts liés à la récupération des masques).

Les objectifs de l'étude sont ainsi de

1. mieux comprendre l'empreinte environnementale des masques sur l'ensemble de leur cycle de vie, et
2. comparer, pour des masques ayant le même niveau de protection, les profils environnementaux complets des masques.

Ce rapport présente l'évaluation du profil environnemental (du berceau au tombeau) de chacun des cinq masques (procédure à usage unique, N95 à usage unique, N95 réutilisable, tissu réutilisable, PLA/cellulose à usage unique), et l'analyse des contributions (points chauds du cycle de vie des masques) aux résultats obtenus (voir

sections 3.1 et 3.2). Le rapport présente aussi la comparaison des masques de même certification (masque de procédure à usage unique et masque en tissu réutilisable d'une part, et masque N95 à usage unique et masque N95 réutilisable d'autre part) (voir section 3.1 et 3.2).

Cette étude a été réalisée en accord avec les exigences des normes ISO 14 040 et 14 044 (ISO, 2006a, b) pour un rapport public incluant une affirmation comparative. Le rapport technique qui suit constitue donc le rapport final de l'étude ACV, après revue critique par un comité externe.

Il est à noter que l'Annexe A présente la méthodologie ACV en détail, comprenant une section définissant les termes spécifiques au domaine.

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 consiste en une analyse du cycle de vie (ACV) afin d'accomplir plusieurs objectifs :

- 1) Évaluer les profils environnementaux (du berceau au tombeau) de cinq masques : trois à usage unique (procédure à usage unique, N95 à usage unique et PLA/cellulose à usage unique) et deux réutilisables (tissu réutilisable et N95 réutilisable).
- 2) Comparer les masques servant la même fonction et avec la même protection (N95 à usage unique et N95 réutilisable, procédure à usage unique et tissu réutilisable).

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 et réutilisables, à identifier les points chauds et enjeux potentiels liés à leur cycle de vie, et à identifier d'éventuelles possibilités d'amélioration. Ils s'adressent à la fois au grand public (à titre informatif et pour faire des choix de consommation éclairés) et aux différents milieux de travail ayant à faire des choix vis-à-vis de la conception, fabrication, utilisation et gestion en fin de vie de ces masques.

2.2 Description générale des produits à l'étude

2.2.1 Masque de procédure à usage unique

Le masque de procédure à usage unique 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 du Québec 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 à usage unique 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 3.5 pour tester l'influence de ce choix sur les conclusions de l'étude.

La fabrication des masques de procédure à usage unique se fait à l'aide d'une machine réalisant toutes les étapes en série.

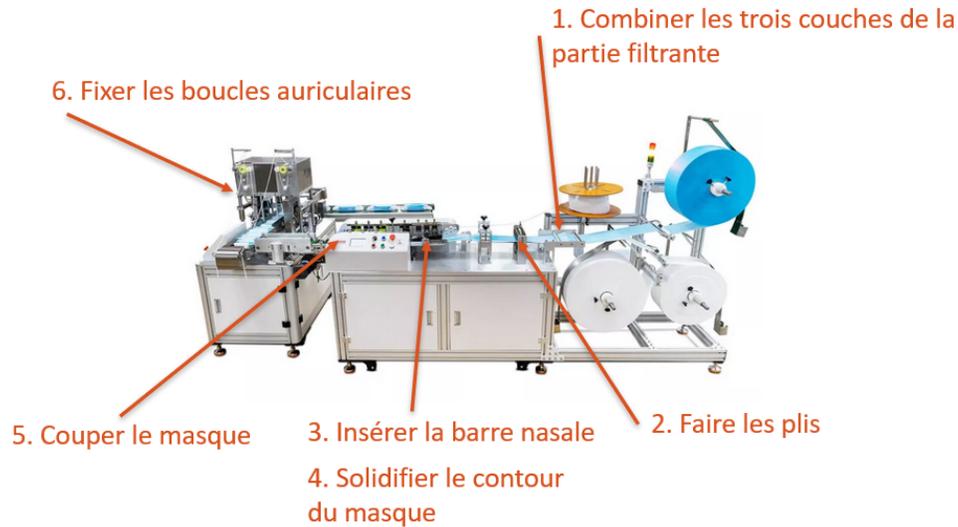
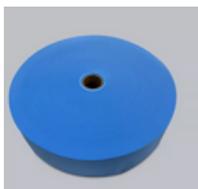


Figure 2-1 : Illustration de la machine de production du masque de procédure à usage unique (TESTEX, 2021).

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

Polypropylène pour la couche externe



Polypropylène pour la couche intermédiaire



Polypropylène pour la couche interne



Aluminium pour la barre nasale



Polyester pour les boucles auriculaires



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

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

Carton



Boîte



Film plastique



Figure 2-3 : Illustration des emballages du masque de procédure à usage unique

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

2.2.2 Masque N95 à usage unique

Dans le cas du masque N95 à usage unique, il existe sur le marché plusieurs types de masques très différents. Ils peuvent être souples ou rigides (i.e. avec une coque), avec ou sans valve, etc. Cette étude se concentre sur le modèle le plus courant (dans les approvisionnements gouvernementaux du Québec), c'est-à-dire un masque rigide sans valve. 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.



La fabrication du masque N95 à usage unique 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 à usage unique requiert plus d'étapes. Sa consommation énergétique est également plus élevée, entre autres du fait du procédé de thermoformage utilisé pour la coque.

L'emballage des masques N95 à usage unique est similaire à celui des masques de procédure à usage unique. Les masques sont emballés dans un film plastique et une boîte de contenance variable (10 à 50 masques en général). Puis les boîtes dans un carton ondulé.

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

2.2.3 Masque N95 réutilisable

De même que le masque N95 à usage unique, il existe de nombreuses versions du masque N95 réutilisable disponible sur le marché. Ils peuvent prendre des formes différentes, être souples ou rigides (coque ou tissu), avec une ou plusieurs valves de filtration, etc. Cette étude se concentre sur le modèle utilisé pour l'approvisionnement gouvernemental des centres de santé du Québec, c'est-à-dire un masque rigide avec filtration. Il est composé d'une cassette de filtration avec un filtre, de la coque, des élastiques et des boucles de serrage. D'après les informations récoltées auprès du fabricant, le filtre est en polytétrahydrofur d'éthylène avec une couche de téflon (tétrafluoroéthylène), la coque est en polycarbonate et élastomère thermoplastique, la cassette en polycarbonate, les élastiques en élastomère thermoplastique et les boucles de serrage en polyamide.



La fabrication du masque N95 réutilisable se fait sur des presses d'injection par moulage des différentes parties (cassette, coque, filtre) puis assemblage par soudure des différents composants.

Les masques N95 réutilisables sont emballés unitairement dans un film plastique puis conditionnés ensemble dans un carton (comme le masque est fabriqué au Québec, il est considéré que le carton provient du Québec).

Pour la phase d'utilisation, il existe différentes techniques de nettoyage recommandées par le fabricant : i) l'utilisation d'eau et de savon puis une stérilisation par autoclave, ii) l'utilisation de peroxyde d'hydrogène à 3%, iii) l'utilisation d'une solution de blanchiment au chlore à 10%, ou iv) l'utilisation de lingettes (type *Sani-Cloth* ou *CaviWipes*, masse de 5,2 grammes). La plus couramment utilisée (selon les déclarations du fournisseur) et retenue dans l'étude est l'utilisation d'eau et de savon suivie d'une stérilisation par autoclave, mais une analyse de sensibilité vient examiner les autres alternatives afin de tester l'influence de ce choix sur les conclusions de l'étude. Cette technique requiert donc l'utilisation d'un stérilisateur autoclave (modèle représentatif du marché : puissance de 2400W, capacité de 18 litres, cycle de 5 minutes) et l'utilisation d'eau (4,5 litres) et savon (3 grammes).

La fabrication des masques N95 réutilisables a lieu au Québec et les matières premières sont importées (États-Unis, Europe, Chine). La fin de vie n'a pas fait l'objet d'étude pour connaître les possibilités de reconditionnement ou recyclage.

2.2.4 Masque en tissu réutilisable

Les masques en tissu réutilisables existent sous de nombreuses formes, de nombreuses compagnies proposent ces masques et même certains masques sont artisanaux. Une donnée essentielle pour sélectionner ce masque est son taux de filtration, ainsi que les tests effectués pour accréditer ce taux et les certifications reçus. Le masque à l'étude ici est défini comme [« masque de](#)



[qualité](#) » par l'INSPQ (institut national de santé publique du Québec) comme il respecte la norme 1922-900 du Bureau de Normalisation du Québec (BNQ). Très peu de masques en tissu réutilisables respectent une certification et un taux de filtration équivalent aux masques de procédure à usage unique couramment utilisés (seulement deux au Québec). Il est composé d'une partie filtrante, d'une bande nasale, d'élastiques, de billes d'ajustement. La partie filtrante est composée de trois couches : une couche de polycoton, une couche de polypropylène et une couche de polyspandex. Les élastiques sont en polypropylène et caoutchouc, la bande nasale en polyéthylène et les billes d'ajustements en caoutchouc.

La fabrication des masques en tissu réutilisable se fait sur des équipements similaires aux masques de procédure à usage unique avec des machines modifiées pour convenir aux contraintes différentes du masque en tissu réutilisable (différences de matériaux).

Le nettoyage du masque à l'étude en tissu réutilisable se fait au four pendant 30min à une température conseillée de 93°C (200°F) pour ne pas endommager le masque et respecter la certification (modèle représentatif du marché : puissance de 1000W, capacité de 15 litres).

Les masques en tissu réutilisable sont emballés unitairement dans un film plastique, puis conditionnés dans un carton (comme le masque est fabriqué au Québec, il est considéré que le carton provient du Québec).

Le lieu de fabrication des masques en tissu réutilisable est le Québec avec une partie des matières premières importées (Chine) et une partie venant du Québec ou du Canada.

2.2.5 Masque à base de PLA/cellulose

Le masque à base de PLA/cellulose à usage unique est un masque qui se rapproche du masque de procédure à usage unique, visuellement et par ses techniques de fabrication, mais qui diffère dans la composition de sa partie filtrante. Comme le masque de procédure à usage unique, il est composé d'une partie filtrante, d'une barre nasale et des boucles auriculaires. Dans le rapport, ce masque est appelé masque PLA/cellulose à usage unique, mais il n'est pas à 100% en PLA/cellulose : généralement et similairement aux masques de procédure à usage unique, la barre nasale est en aluminium et les boucles auriculaires en polyester. La partie filtrante en revanche diffère du masque de procédure et c'est elle qui est composée d'acide polylactique (PLA) et de cellulose.



La fabrication des masques PLA/cellulose à usage unique est très similaire aux masques de procédure à usage unique, ce faisant sur les mêmes machines et en remplaçant les intrants de polypropylène par le PLA et la cellulose.

L'emballage des masques PLA/cellulose à usage unique est composé de boîtes cartonnées et plastifiées puis ces boîtes sont conditionnées dans des cartons.

La fabrication de ces masques a lieu au Québec et les matières premières proviennent majoritairement de Chine ou du Québec.

En fin de vie, le PLA se dégrade très lentement dans les conditions anaérobies d'un site d'enfouissement : 1% sur 100 ans (Kolstad et al., 2012; Krueger et al., 2009), voire pas du tout selon l'hypothèse de la US EPA (2020). Pour cette étude, il est considéré 1% de dégradation sur l'horizon de temps 100 ans. Pour la fraction dégradée, du CO₂ et du CH₄ de source biogénique sont émis à l'air. La considération de ces émissions de biogéniques sont discutées plus loin (voir section 2.10.2). Le reste du carbone de la fraction non dégradée est considéré comme séquestré dans le site d'enfouissement et rapportée séparément.

2.3 Contexte d'utilisation

Pour la lutte contre la COVID-19, l'INSPQ (institut national de santé publique au Québec) définit le terme « [masque de qualité](#) » comme un masque répondant soit à la certification [BNQ 1922-900](#), soit à la norme [ASTM F2100](#) (de niveau 1 minimalement) ou la norme [EN14683](#) de type IIR. Le BNQ et l'INSPQ sont responsables de la certification des masques utilisés au Québec et des tests réalisés pour garantir des niveaux de protection graduels selon le contexte d'utilisation nécessaire.

Les masques de procédure à usage unique et en tissu réutilisable (considéré dans la présente étude) répondent à la certification BNQ 1922-900 et sont de qualité suffisante pour la lutte contre la COVID-19. Certains contextes d'utilisation présentant des risques accrus (comme les milieux hospitaliers) peuvent nécessiter l'utilisation d'instrument de protection plus adéquate comme des masques de protection certifiés ASTM de niveau 2. Les masques N95 à usage unique et réutilisable sont certifiés ASTM de niveau 2. Le masque PLA/cellulose à usage unique n'est pas considéré comme « de qualité » au sens où il ne respecte pas l'une des normes (BNQ 1922-900, ASTM F2100, EN 14684 type IIR) et n'est présent dans cette étude qu'à titre indicatif. Il ne peut pas être comparé avec les masques respectant ces certifications, car il n'a pas le même contexte d'utilisation.

Un masque certifié ASTM de niveau 2 pourra être utilisé dans les contextes d'utilisation nécessitant une telle protection, mais aussi dans des contextes requièrent une certification moins stricte, comme ASTM de niveau 1. À l'inverse un masque certifié ASTM de niveau 1 ne pourra pas convenir pour un contexte d'utilisation nécessitant une protection ASTM de niveau 2 minimal.

Dans la suite de l'étude, les masques de certification équivalente seront comparés en reprenant la terminologie ASTM 1 (pour les masques certifiés BNQ 1922-900 équivalent à l'ASTM de niveau 1) et ASTM 2 (pour les masques certifiés ASTM de niveau 2).

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 des fonctions remplies par ces systèmes.

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

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 différents masques offrent des niveaux de protection différents. Ils ne peuvent donc pas être comparés sans soulever des problèmes d'équivalence fonctionnelle. Trois unités fonctionnelles ont donc été définies, une pour chaque niveau de protection offert par les différents masques étudiés. Elles sont les suivantes :

1. « Protéger une personne à l'aide d'un masque certifié ASTM de niveau 1 pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. »
 - Utilisée pour le masque de procédure à usage unique et le masque en tissu réutilisable
2. « Protéger une personne à l'aide d'un masque certifié ASTM de niveau 2 pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. »
 - Utilisée pour le masque N95 à usage unique et le masque N95 réutilisable
3. « Protéger une personne à l'aide d'un masque non certifié pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. »
 - Utilisée pour le masque PLA/cellulose à usage unique

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 4 heures et toutes les 8 heures. D'après les fabricants et selon leurs certifications, les masques en tissu réutilisables et les masques N95 réutilisables sont utilisables chacun respectivement 100 et 50 fois, avec un nettoyage après 8 heures d'utilisation.

Une distinction est faite à la section 2.3 entre masques de qualité (certifié ASTM 1 et 2) et non certifié (couvre-visage). Le masque PLA/cellulose étant considéré comme un simple couvre-visage ne pourra pas être utilisé dans les cas nécessitant un masque certifié de qualité (secteur de la santé par exemple), néanmoins il reste utilisable dans les [lieux publics fermés ou partiellement couverts et dans les transports en commun](#).

Les **flux de référence** font appel à la quantité de produits nécessaires pour remplir les fonctions étudiées. Considérant la performance de chaque système, il est posé que l'unité fonctionnelle ci-haut soit remplie par la production du nombre suivant de chaque système

(Erreur! Source du renvoi introuvable.). Le détail des flux entrants et sortants considérés est fourni à l'Annexe C.

Tableau 2-1 : Caractéristiques de performance et flux de référence pour les masques

Système/Produit	Performance		Flux de référence	Masse totale d'un masque
	Durée d'utilisation	Nombre d'utilisation		
Masque de procédure à usage unique	4h	1	2 masques	3,19 g
Masque en tissu réutilisable	8h	100	1/100 masque	8 g
Masque N95 à usage unique	8h	1	1 masque	10,2 g
Masque N95 réutilisable	8h	50	1/50 masque	119 g
Masque PLA/cellulose à usage unique	4h	1	2 masques	4,72 g

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, il existe certains processus multifonctionnels liés à la production des matériaux comme la cellulose et le PLA qui sont fabriqués à partir de coproduits de biomasse. La fin de vie des emballages des masques est également une activité multifonctionnelle puisqu'elle génère également de la matière recyclée en plus d'offrir le traitement de la matière résiduelle.

Pour le PLA et la cellulose, les processus de production utilisés sont ceux de la base de données ecoinvent, qui gère la multifonctionnalité par allocation sur base économique. Concernant la fin de vie des emballages, l'enjeu de la multifonctionnalité est géré par la modélisation avec l'approche *cut-off* choisie ici pour l'étude, en cohérence avec l'approche *cut-off* également considéré pour la fin de vie dans la base de données ecoinvent utilisée. Par cette approche, le recyclage n'est pas considéré car en dehors des frontières du systèmes.

Une étude spécifique (RECYC-QUEBEC, 2022) sur la fin de vie des masques de procédure à usage unique et N95 a été effectuée, et peut être consultée pour des analyses complémentaires sur la fin de vie de ces masques.

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*). L'approche par règle de coupure est celle utilisée dans cette étude. Cette approche 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 (il n'y a pas de recyclage en fin de vie des masques, car l'ensemble des masques est envoyé à l'enfouissement dans cette étude).

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 de règle de coupure. Les activités multifonctionnelles comme le recyclage des emballages sont ainsi exclues du champ d'étude. 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. La version de la base de données choisie pour cette étude utilise aussi une approche par règle de coupure.

2.6 Frontières géographiques et temporelles

Conformément à l'unité fonctionnelle sélectionnée, la présente étude constitue une ACV représentative du contexte québécois pour l'utilisation des masques. Ce contexte implique que pour l'approvisionnement en masques de procédure à usage unique et N95

à usage unique, le contexte géographique pour la production des matériaux et leur fabrication est la Chine, puisque la majorité de ces masques actuellement utilisés au Québec provient de Chine (estimation de la provenance la plus probable par le Centre d'Acquisitions Gouvernementales (CAG) et RECYC-QUÉBEC). Pour les autres masques (N95 réutilisable, en tissu réutilisable et PLA/cellulose à usage unique), la fabrication a lieu au Québec et le contexte géographique pour la production des matériaux est très variable suivant les matières premières (Québec, Chine, Europe, États-Unis, etc.). En fin de vie, ce contexte implique que l'enfouissement est réalisé au Québec.

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 utilisation, puisque dans le cas des approvisionnements gouvernementaux les masques ne passent pas par un détaillant.

L'année de référence utilisée est 2021, signifiant que le traitement de fin de vie étudié (enfouissement) est celui principalement utilisé 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 donnéesecoinvent et correspondent donc à des technologies plus anciennes. Davantage d'informations sur la représentativité temporelle et la qualité de données en général sont disponibles à l'Annexe D.

Par ailleurs, il est à noter que tous les processus nécessaires à la réalisation de l'unité fonctionnelle 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 la localisation des activités intervenant dans le cycle de vie des masques sont fournis au Tableau 2-2.

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, générées 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. Pour les masques en tissu réutilisables et N95 réutilisables, les données ont été collectées auprès de deux fabricants. Plus de détails sur les données primaires obtenues sont disponibles en annexe F.

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, 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. Certaines activités sont exclues lorsque des données (primaires ou secondaire) ne sont pas accessibles et qu'elles sont considérées négligeables, a priori, par avis d'expert.

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.

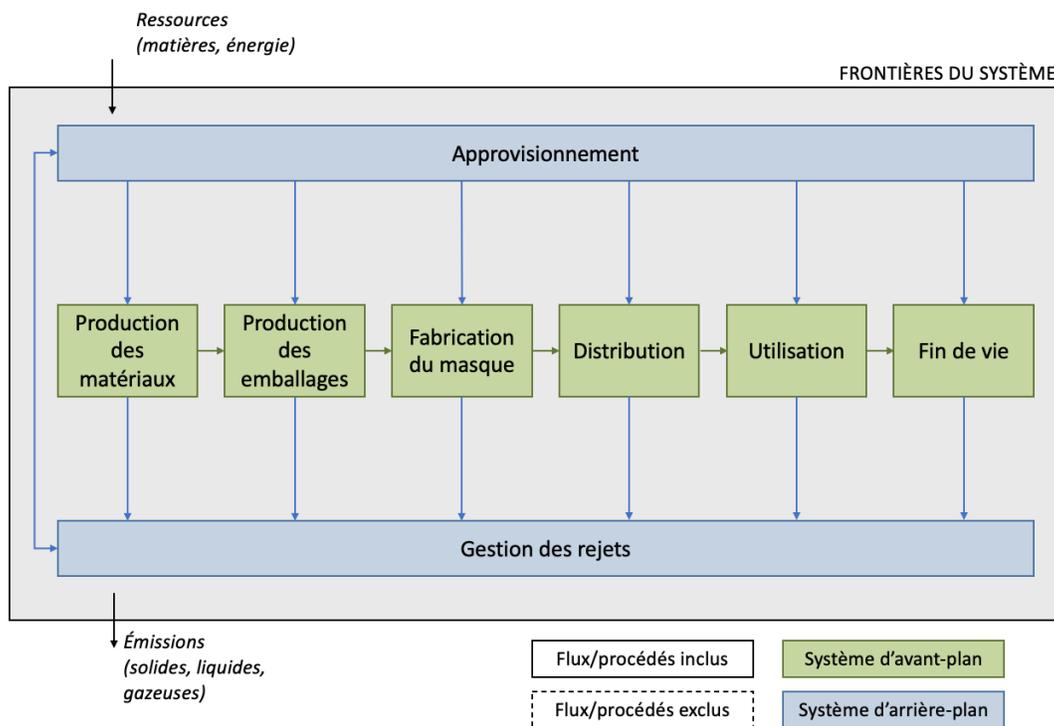


Figure 2-4 : Frontières des systèmes à l'étude.

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

Tableau 2-2 : 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. La matière utilisée est supposée 100 % vierge
	Usinage des matières premières (e.g. transformation des granules de polypropylène en une matière textile)	Incluse
	Teintures des matières premières (e.g. polypropylène bleu)	Exclues (par manque de données accessibles, et considérant que cette activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
Production des emballages (film plastique, boîte et carton)	Production des matières premières constituant les emballages	Incluse. La matière utilisée est supposée 100 % vierge
	Fabrication des emballages	Incluse
	Impression sur la boîte et le carton	Exclue (par manque de données accessibles, et considérant que cette activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
Transport des matériaux et des emballages	Transport 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 (par manque de données accessibles, et considérant que cette activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
	Consommation d'énergie de la machine de fabrication du masque	Incluse. Il s'agit d'électricité chinoise ou québécoise
	Fin de vie de la machine utilisée pour la fabrication du masque	Exclue (par manque de données accessibles, et considérant que cette activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
	Infrastructure (bâtiment)	Incluse
Distribution du masque emballé	Transport routier entre l'usine de fabrication du masque et le port local (Chine, Europe, etc.)	Inclus
	Transport maritime entre le port local et le port québécois	Inclus
	Transport routier entre le port québécois et l'utilisateur	Inclus
	Entrepôts et centre de distribution	Exclus (par manque de données accessibles, et considérant que cette activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
Utilisation	Aucune activité requise pour l'utilisation des masques à usage unique	N/A
	Production des matières premières utilisées pour le nettoyage du masque réutilisable	Inclus
	Production de la machine utilisée pour le nettoyage du masque réutilisable	Inclus
	Emballages dans lesquels la machine a été livrée	Exclus (par manque de données accessibles, et considérant que cette

Étape du cycle de vie	Activité	Commentaire
		activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
	Consommation d'énergie de la machine pour le nettoyage du masque réutilisable	Incluse. Il s'agit d'électricité québécoise
	Fin de vie de la machine utilisée pour le nettoyage du masque réutilisable	Exclue (par manque de données accessibles, et considérant que cette activité est probablement négligeable, par avis d'expert)
Transport vers la fin de vie	Transport routier du masque entre l'utilisateur et le traitement de fin de vie	Inclus
	Transport routier des emballages entre l'utilisateur et le traitement de fin de vie	Inclus
Traitement de fin de vie du masque	Construction des infrastructures d'enfouissement	Incluse
	Consommation d'énergie du site d'enfouissement	Incluse
	Émissions à l'environnement suite à la dégradation dans le site d'enfouissement	Incluses
	Pour le carton seulement : l'incinération des boues de traitement du lixiviat produit par la décomposition	Exclu (cette étape n'est pas réalisée dans le contexte québécois)
Traitement de fin de vie de l'emballage	Recyclage d'une partie du carton et d'une partie du plastique	Exclu. Les taux de recyclage proviennent de RECYC-QUÉBEC, les activités de recyclage sont exclues de l'étude (approche par règle de coupure)
	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 les calculs d'inventaire du cycle de vie et d'évaluation des impacts.

2.9 Données et hypothèses principales utilisées

La modélisation des différents masques à l'étude requiert l'utilisation d'un ensemble de données et hypothèses. L'Annexe F fournit des tableaux récapitulatifs pour chacun des cinq systèmes à l'étude.

Les données d'avant-plan présentées dans les tableaux de l'Annexe F 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)

2.10.1 Méthode IMPACT World+

La méthode appliquée pour évaluer les impacts environnementaux potentiels des systèmes étudiés est la méthode IMPACT World+ (Bulle 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 dont la couverture est globale, contrairement aux méthodes CML, ILCD ou encore TRACI (pour ne citer que celles-ci) dont les facteurs de caractérisation sont établis en contexte européen ou américain (pour TRACI). De plus IMPACT World+ est une méthode régionalisée.

Comme le présente la Figure 2-5, 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*.

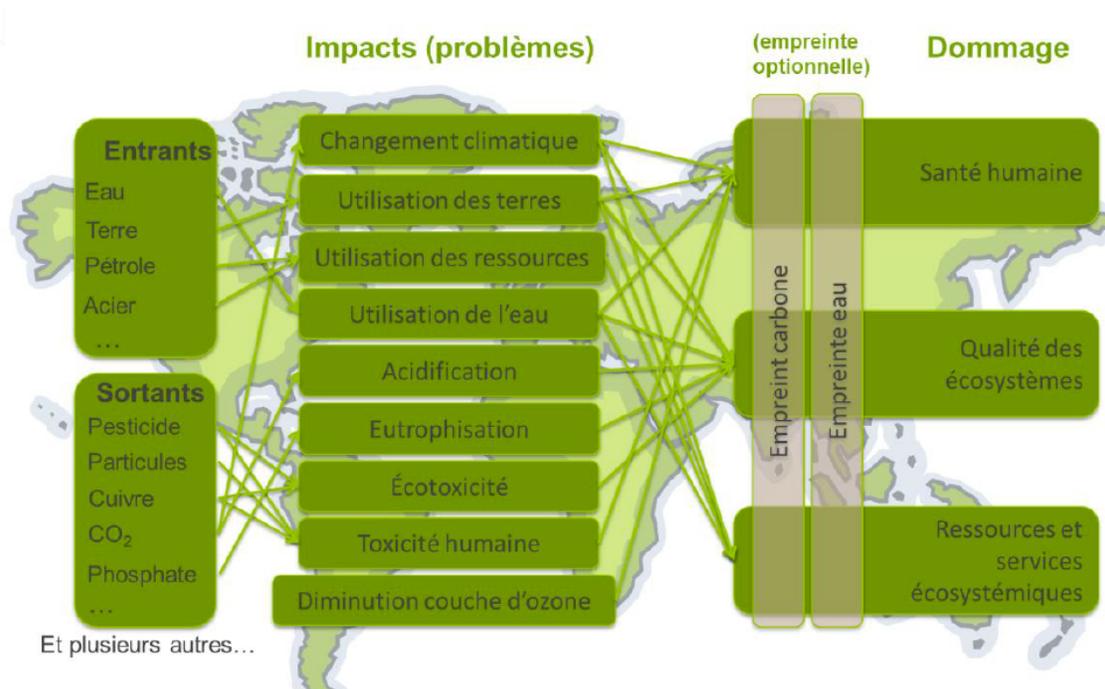


Figure 2-5 : Illustration de la méthode IMPACT World+.

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 étudiées.

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 (mais l'ajout de cette catégorie est testé en analyse de sensibilité, section 3.5). Cette catégorie est un contributeur potentiel majeur aux résultats de l'indicateur *Qualité des écosystèmes* du fait de l'impact des métaux et viendrait donc fausser les résultats pour cet indicateur. 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 GIEC². 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 section 3 pour la contribution des différents problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur les indicateurs de

² 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.

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.

2.10.2 Comptabilité du carbone biogénique

Le CO₂ biogénique est un cas particulier qu'il est nécessaire d'aborder du fait de la présence de filières biosourcées dans le champ de l'étude.

En effet, l'objectif de l'indicateur *Changement climatique* est de comptabiliser les émissions de GES ayant un impact potentiel sur le climat. S'il est considéré que le CO₂ capté par la biomasse lors de sa croissance et réémis lors de la dégradation ou la combustion de la biomasse ou d'un produit obtenu à partir de cette dernière fait l'objet de cycles courts (quelques années), alors ce CO₂ biogénique est considéré comme ayant un effet neutre sur le réchauffement climatique.

Dans le cas de méthane (CH₄) ou de monoxyde de carbone (CO) émis lors de la dégradation de la biomasse, en revanche, puisque leur carbone n'est pas capté sous cette forme par la biomasse, un effet est considéré, et leurs facteurs de caractérisation ne sont pas nuls, considérant cependant qu'une partie du CO et du CH₄ s'oxyde en CO₂ une fois dans l'atmosphère. Les facteurs de caractérisation sont donc inférieurs à ceux du CH₄ et du CO de source fossile.

La décomposition en site d'enfouissement dans des conditions anaérobies d'une fraction de la biomasse ou des produits obtenus à partir de biomasse génère non seulement du CO₂ biogénique mais aussi du CH₄ biogénique. Le carbone contenu dans la fraction non dégradée, et ainsi séquestré dans le produit dans le site d'enfouissement, n'est pas comptabilisé dans les scores d'indicateurs rapportés, comme recommandée par ISO 14067 (2018) et ISO 14044 (2017), en conformité avec l'approche de neutralité du CO₂ considérée ici, mais documenté séparément dans la section des résultats.

2.11 Interprétation

Cette dernière phase de l'ACV permet de discuter des 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 :

- 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.

Selon la norme ISO, les exigences relatives à la qualité des données devraient au minimum en assurer la validité, ce qui est équivalent ici à leur représentativité quant à l'âge, la provenance géographique et la performance technologique. Ainsi, les données utilisées devraient être représentatives :

- De la période définie par l'unité fonctionnelle, soit 2021;
- Du contexte géographique dans lequel s'inscrivent les systèmes à l'étude, soit une utilisation au Québec ;

- Des caractéristiques technologiques des processus de production actuelle des masques.

Bien qu'aucune méthode particulière ne soit actuellement prescrite par l'ISO, deux critères ayant une influence sur la qualité de l'inventaire ont été choisis pour évaluer les données :

- **Fiabilité** : concerne les sources, les méthodes d'acquisition et les procédures de vérification des données. Une donnée jugée fiable est une donnée vérifiée et mesurée sur le terrain. Ce critère se réfère principalement à la quantification des flux économiques.
- **Représentativité** : traite des corrélations géographique et technologique. Est-ce que l'ensemble des données reflète la réalité? Une donnée est jugée représentative lorsque la technologie est en relation directe avec le champ d'étude. Ce critère se rapporte principalement au choix des processus servant à modéliser le système.

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

En parallèle à l'évaluation de la qualité des données utilisées, une estimation de la contribution des processus (c.-à-d. dans quelle mesure les processus modélisés avec ces données contribuent à l'impact global du système à l'étude) a été effectuée. En effet, une donnée de qualité inférieure peut très bien convenir dans le cas d'un processus dont la contribution est minime. Par contre, des données de bonne qualité devront être recherchées pour les processus qui influencent grandement 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. Pour certaines données absentes jugées d'importance (avis d'expert), des analyses de sensibilité ont été réalisées pour vérifier l'effet des hypothèses et des approximations utilisées. Les résultats de l'évaluation des impacts ont également été validés par une seconde méthode ÉICV.

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 2016 (Huijbregts et al., 2017), version 1.02, a été réalisée dans le but de vérifier si la variabilité des modèles de caractérisation avait une influence significative sur les conclusions ;
- **Nombre d'utilisations des masques et durée de port** : Réutilisation de 1 à 100 fois des masques réutilisables et durée de port (divisée par 2 et 4 fois par rapport aux recommandations) des masques à usage unique (1 à 4 heures pour les masques de procédure à usage unique et 2 à 8 heures pour les N95 à usage unique).
- **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 ;
- **Type de lavage utilisé pour les masques N95 réutilisables** : Évaluation des techniques de nettoyage des masques N95 réutilisables : Solution de blanchiment au Chlore à 10%, solution de peroxyde d'hydrogène à 3%, lingettes *Sani-Cloth*, lingettes *CaviWipes*, eau et savon puis stérilisation autoclave.
- **Provenance de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique**: localisation de l'approvisionnement pour l'acide polylactique.

2.11.5 Analyse d'incertitude

Une analyse d'incertitude de type Monte-Carlo a été réalisée à l'aide du logiciel SimaPro 9.1 afin de tester la robustesse des résultats. Elle constitue une étude de propagation de la variabilité des données d'inventaire lors des calculs, avec un nombre d'itérations fixé à 1 000.

Sur les milliers de flux élémentaires individuels inventoriés dans les processus élémentaires des scénarios étudiés, la très grande majorité provient de la banque de données *ecoinvent*. Ceux-ci présentent pour la plupart une variabilité qui prend la forme d'une distribution *lognormale* autour de la valeur centrale spécifiée (et utilisée dans les calculs déterministes), caractérisée par son écart-type. Ces variabilités ne sont toutefois pas déterminées statistiquement à l'aide de mesures concrètes, mais estimées par l'application d'une *matrice pedigree* décrivant la qualité d'une donnée selon son origine, son mode de collecte et sa représentativité géographique, temporelle et technologique (Weidema et Suhr Wesnæs, 1996).

La simulation Monte-Carlo procède à la soustraction de deux systèmes que l'on souhaite comparer. Ainsi, les résultats indiquent la probabilité qu'une option ait des indicateurs plus élevés que l'autre.

Pour la présente étude, les masques à usage unique et réutilisables ont été comparés (procédure à usage unique avec tissu réutilisable, et N95 à usage unique avec N95 réutilisable).

Les résultats de ces analyses d'incertitude sur les paramètres sont présentés à la section 3.6.

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 2-3 : 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. Première ronde de révision du rapport final d'ACV par le comité de revue (avril 2022);

2. Correction et précision des éléments soulevés par les réviseurs à l'étape 1 (mai 2022) ;
3. Seconde ronde de révision du rapport final d'ACV par le comité de revue (mai 2022) ;
4. Correction et précision des éléments soulevés par les réviseurs à l'étape 3 (juin 2022) ;
5. Retour du rapport modifié aux réviseurs pour validation de la conformité ISO 14 044 (juillet 2022).

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 cinq masques, le profil simple et la comparaison des profils environnementaux pour les masques répondant aux mêmes certifications (masque de procédure à usage unique et masque en tissu réutilisable, masque N95 et masque N95 réutilisable), 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. Le masque PLA/cellulose à usage unique n'est pas comparé avec les autres masques, car il n'est pas certifié masque « de qualité » au sens de l'INSPQ et n'est présent qu'à titre indicatif.

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 d'un point de vue de l'environnement.

Les résultats bruts sont disponibles à l'Annexe E.

3.1 Profil environnemental du cycle de vie des masques ASTM 1 : masque de procédure à usage unique et masque en tissu réutilisable

3.1.1 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.

Les étapes à l'étude pour les deux masques sont :

- Production des matériaux ;
- Production des emballages ;
- Transport des matériaux et des emballages ;
- Fabrication du masque ;
- Distribution du masque emballé ;
- Utilisation du masque
- Gestion en fin de vie du masque et de l'emballage

L'étape d'utilisation diffère selon le type de masque. En effet, tandis que l'utilisation des masques réutilisables requiert un nettoyage répété, l'utilisation des masques de

procédure à usage unique n'implique aucune action et donc, ne génère aucun impact potentiel.

3.1.1.1 Analyse de contribution pour le masque de procédure à usage unique

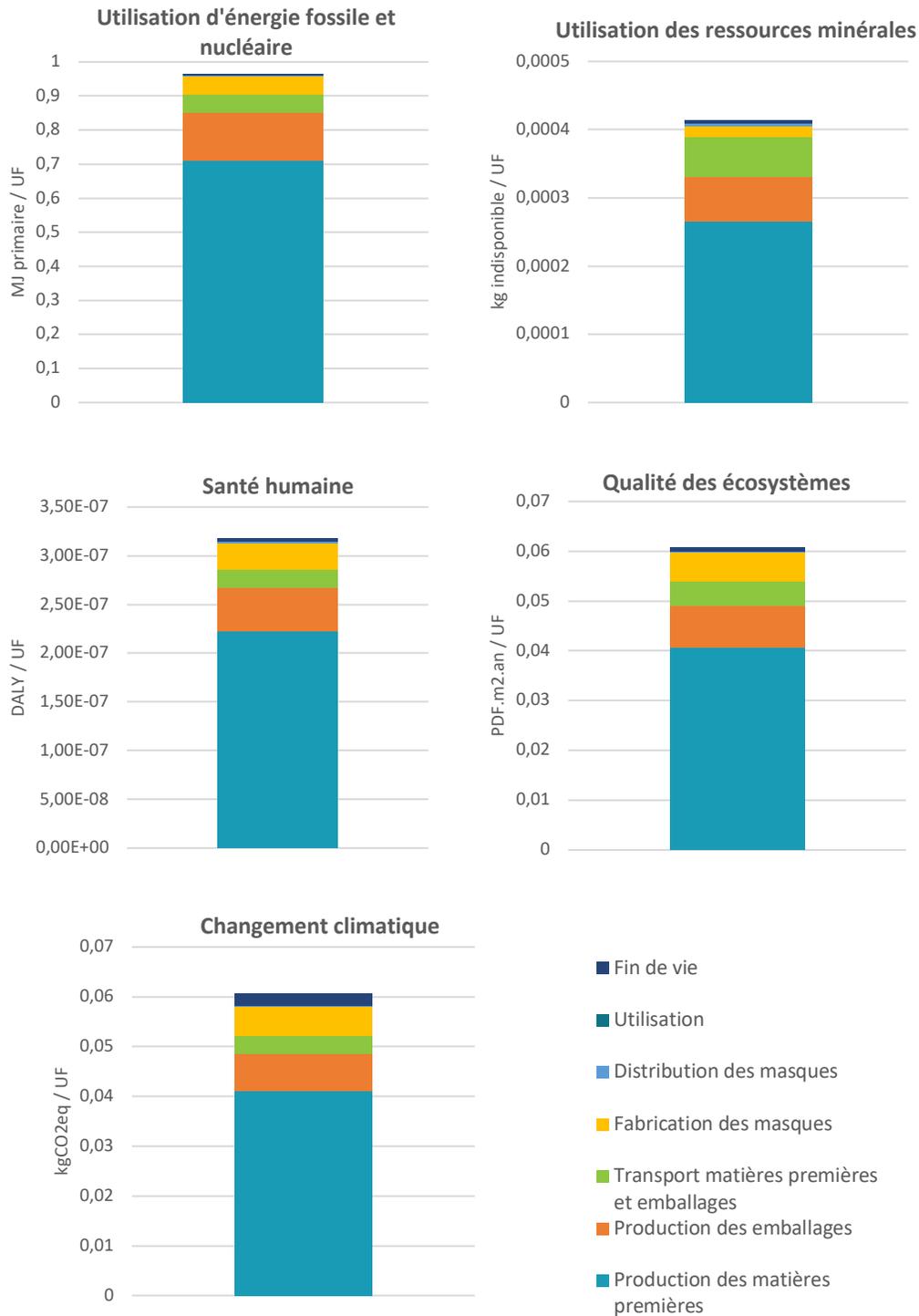


Figure 3-1 : Profil environnemental du masque de procédure à usage unique pour les cinq indicateurs (méthode IMPACT World+) (UF : période de 8h = 2 masques de procédure à usage unique)

Les observations sur les contributions aux résultats sont les suivantes :

- Pour tous les indicateurs, le plus grand contributeur aux résultats est l'étape de **production des matières premières**. Elle contribue entre 64 % et 74 % au score selon les indicateurs;
- Pour tous les indicateurs, la **production des emballages** représente 12 %-16 % des résultats. Cela en fait le deuxième plus grand contributeur aux résultats ;
- La **fabrication du masque** représente 4 %-10 % des résultats suivant les indicateurs ;
- Le **transport des matières premières et de l'emballage** représente 6 %-14 % des résultats suivant les indicateurs;
- Toutes les autres contributions (distribution, utilisation, traitement en fin de vie) sont inférieures à 10 %.

Pour aller plus loin dans l'analyse, il est à noter que bien que le polypropylène soit le constituant principal du **masque de procédure à usage unique** (2.47g sur les 3.19g du masque, soit 77 % de la masse totale), sa contribution aux résultats obtenus par l'étape de **production des matières premières** varie entre 31 % et 65 % selon l'indicateur. Sur les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*, sa contribution est très proche de celle de l'aluminium (moins de 5 % d'écart). Pour l'indicateur *Utilisation de ressources minérales*, le premier contributeur est le polypropylène (33 %).

Pour la **production des emballages du masque de procédure à usage unique**, le premier contributeur est le film plastique (41 %-68 %) pour les trois indicateurs de niveau problème (*Changement climatique*, *Utilisation de ressources fossiles et nucléaires*, *Utilisation de ressources minérales*). Pour l'indicateur *Santé humaine*, les contributions de la boîte et du film plastique sont équivalentes (42 %-43 %). Enfin, pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le premier contributeur est la boîte (42 %).

Pour la **fabrication du masque de procédure à usage unique**, la presque totalité des résultats vient de la consommation énergétique (100 % pour tous les indicateurs, à l'exception d'*Utilisation des ressources minérales* pour lequel la contribution est de 93 %). La contribution de la production de la machine d'usinage est de 6 % pour l'indicateur *Utilisation des ressources minérales*, et négligeable (<0.1 %) pour tous les autres indicateurs. La contribution de l'infrastructure est négligeable (<1 %) pour tous les indicateurs étudiés.

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur **Changement climatique**, 79% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et 19% aux émissions de méthane (CH₄). Les contributions des autres gaz à effet de serre (GES) représentent 10% du résultat total net;
- Pour l'indicateur **Utilisation d'énergie fossile et nucléaire**, 41% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 33% aux extractions de charbon, et 24% aux extractions de gaz naturel.
- Pour l'indicateur **Utilisation de ressources minérales**, 52% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 41% aux extractions d'argile.
- Pour l'indicateur **Santé humaine**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 55 % du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.
- Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 68% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.

3.1.1.2 Analyse de contribution pour le masque en tissu réutilisable

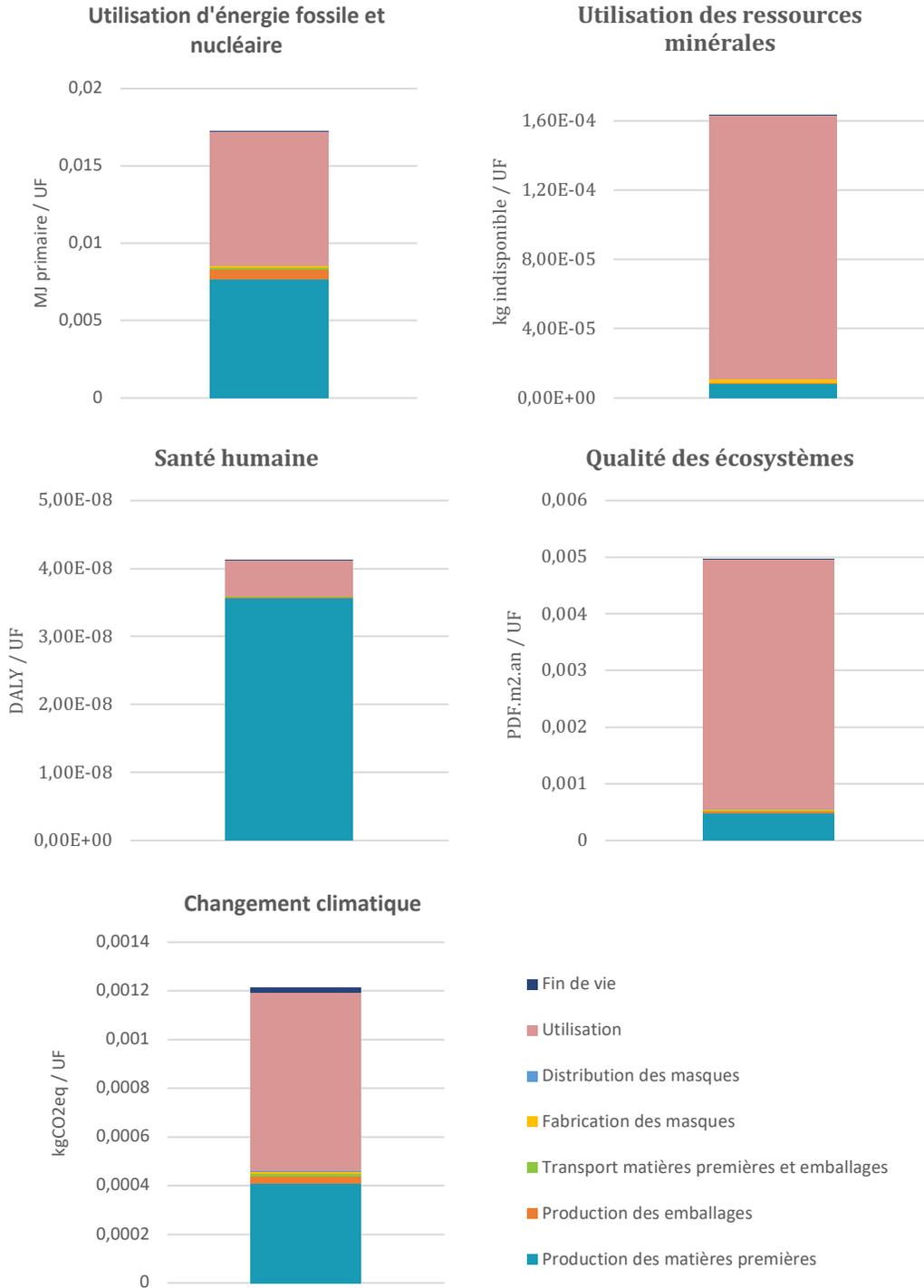


Figure 3-2 : Profil environnemental du masque en tissu réutilisable pour les cinq indicateurs (méthode IMPACT World+) (UF : période de 8h = 1/100 masque en tissu réutilisable)

Les observations pour les contributions aux résultats sont les suivantes :

- Suivant l'indicateur, le plus grand contributeur aux résultats est l'étape de **production des matières premières** (86% pour l'indicateur *Santé humaine*) ou **d'utilisation** (50% pour *Utilisation d'énergie fossile ou nucléaire*, 60% pour *Changement climatique*, 89% pour *Qualité des écosystèmes* et 93% pour *Utilisation de ressources minérales*). Inversement, le second contributeur est l'étape de production des matières premières (9% pour *Qualité des écosystèmes*, 44% pour *Utilisation d'énergie fossile ou nucléaire*, 34% pour *Changement climatique*, 5% pour *Utilisation des ressources minérales*) ou d'utilisation (13% pour *Santé humaine*). Ces deux étapes sont donc les principales contributrices pour le masque réutilisable.
- Toutes les autres contributions (production des emballages, transport, fabrication, distribution, fin de vie) sont inférieures à 10 %.

Pour le **masque en tissu réutilisable**, hormis l'étape de production des matériaux et d'utilisation, toutes les autres contributions pour tous les indicateurs sont négligeables (<2%), sauf la production de l'emballage à 4% et 3% respectivement dans l'indicateur *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* (dû au film plastique à 72%) et dans l'indicateur *Changement climatique* (dû au film plastique à 52%).

Pour l'étape de **production des matières premières**, les principaux contributeurs sont le polyester et le coton. Pour l'indicateur *Changement climatique* et *Qualité des écosystèmes*, le premier contributeur est le polyester à respectivement 32% et 38% puis le coton à respectivement 30% et 28%. Pour l'*Utilisation de ressources minérales* et l'*Utilisation d'énergie fossile et nucléaire*, le principal contributeur est le polyester respectivement à 67% et 40%. Pour la *Santé humaine*, le coton est le principal contributeur (95%).

L'étape d'**utilisation** est largement la principale contributrice pour les indicateurs *Qualité des écosystèmes* et *Utilisation des ressources minérales*. Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, c'est l'utilisation d'électricité qui est la principale contributrice à 90% et pour l'*Utilisation des ressources minérales*, le principal contributeur est le four utilisé pour laver le masque, pour 90% du score.

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur **Changement climatique**, 80% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et 12% aux émissions de méthane (CH₄). Les contributions des autres gaz à effet de serre (GES) représentent 10% du résultat total net;

- Pour l'indicateur **Utilisation d'énergie fossile et nucléaire**, 32% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 26% aux extractions de charbon, et 21% aux extractions de gaz naturel.
- Pour l'indicateur **Utilisation de ressources minérales**, 85% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 9% aux extractions d'argile.
- Pour l'indicateur **Santé humaine**, l'utilisation d'eau en Chine est responsable de 77% du résultat, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 9% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 2%.
- Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 19% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.

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

Comme mentionnés 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.

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

3.1.2.1 Masque de procédure à usage unique

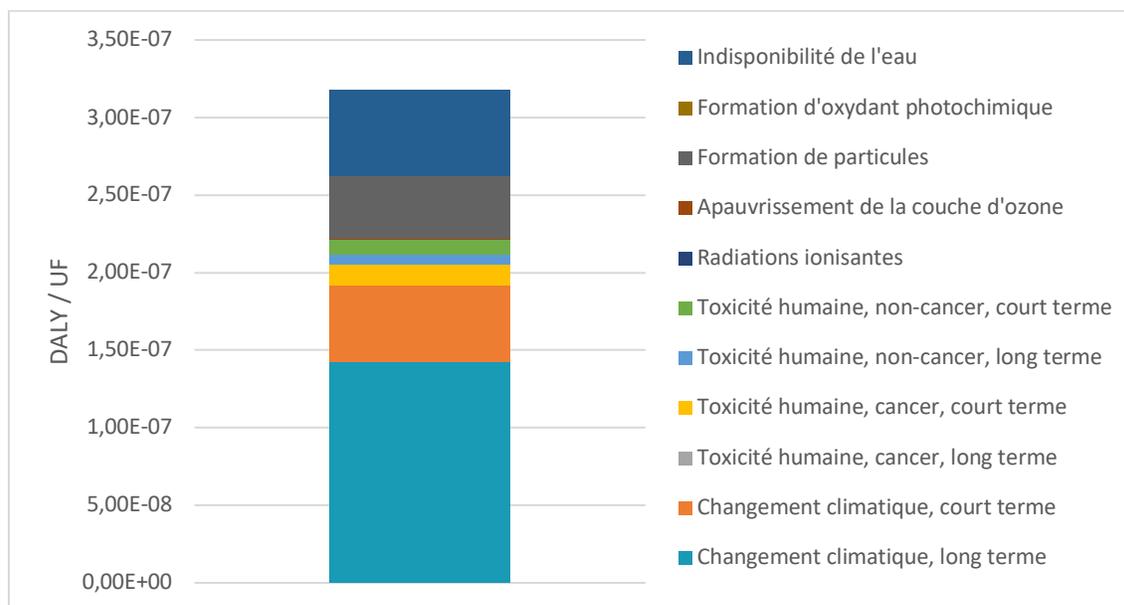


Figure 3-3 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine* pour le masque de procédure à usage unique (UF : période de 8h = 2 masques de procédure à usage unique)

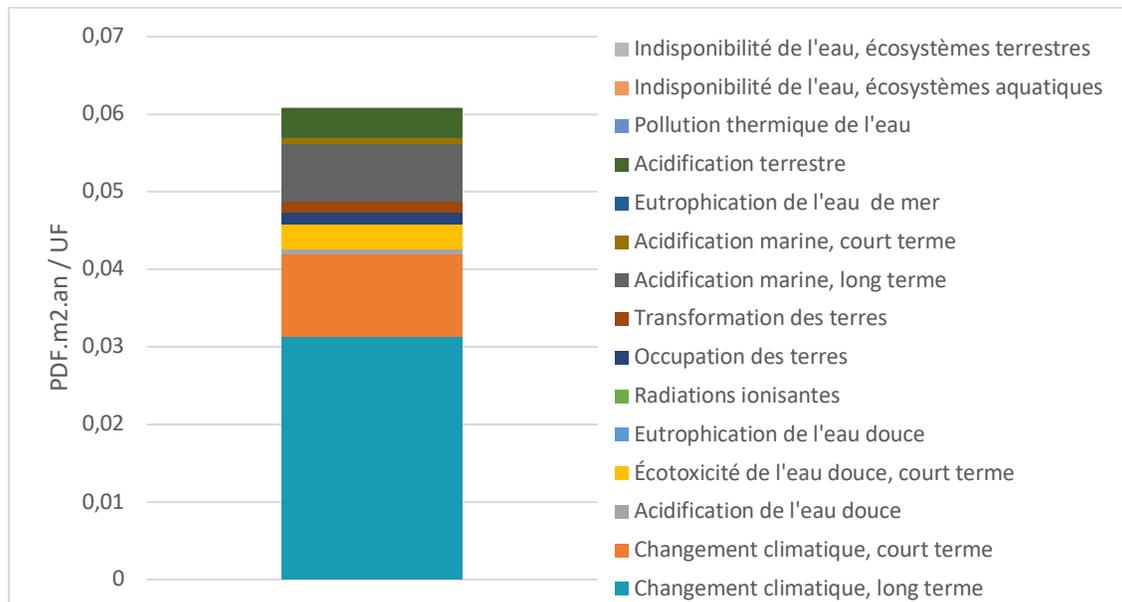


Figure 3-4 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque de procédure à usage unique (UF : période de 8h = 2 masques de procédure à usage unique)

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 3.5.1.

Les observations sont les suivantes :

- Pour les deux indicateurs de niveau dommage, le plus grand contributeur (61 %-69 %) est le **changement climatique** (long terme et court terme) pour le masque de procédure à usage unique. 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** (17 %) ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le troisième plus grand contributeur aux résultats est la **formation de particules** (13 %) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le second contributeur (11 %-13 %) est l'**acidification marine à long terme**. La contribution de l'ensemble des enjeux d'acidification est de 20 % ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.1.1) présente davantage de détails sur les activités responsables du résultat.

En ce qui concerne la contribution de la catégorie **Indisponibilité de l'eau** dans le résultat obtenu sur l'indicateur *Santé humaine*, elle vient principalement de l'étape de production des matériaux (70 %), de la production des emballages (24%). En conséquence, la presque totalité (≈98 %) du résultat est dû à des consommations 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*, 90% des émissions sont dues aux étapes réalisées en Chine, en particulier la production des matériaux (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 (CO₂). Les contributions se trouvent donc être similaires à celles obtenues sur l'indicateur *Changement climatique* présentées à la section précédente (3.1.1). 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 82% des résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes*.

3.1.2.2 Masque en tissu réutilisable

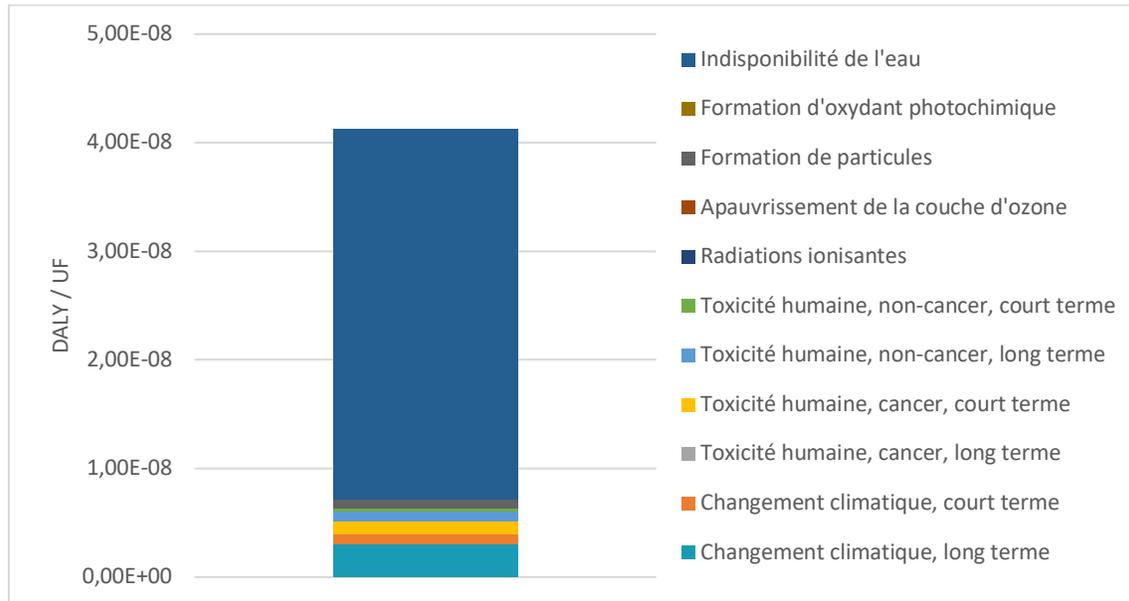


Figure 3-5 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine* pour le masque en tissu réutilisable (UF : période de 8h = 1/100 masque en tissu réutilisable)

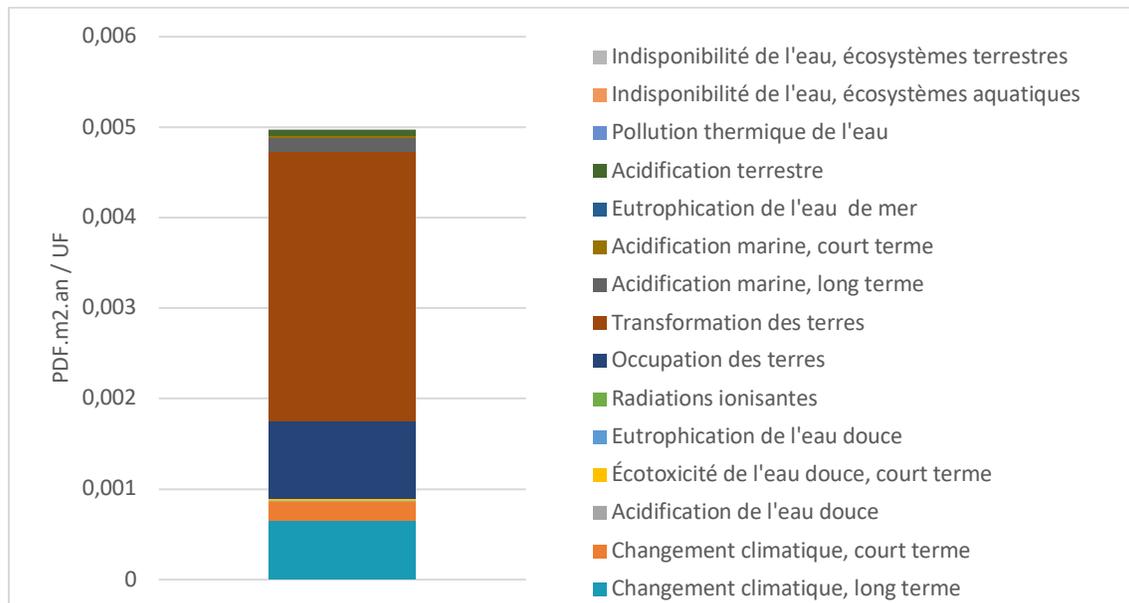


Figure 3-6 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque en tissu réutilisable (UF : période de 8h = 1/100 masque en tissu réutilisable)

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 3.5.1.

Les observations sont les suivantes :

- Le plus grand contributeur à l'indicateur *Santé humaine* est **l'indisponibilité de l'eau** (83%) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le principal contributeur pour le masque en tissu réutilisable est la **transformation des terres** (60%). Le second est le **changement climatique** (court et long terme) à 17% et le troisième est **l'occupation des sols** (17%) ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.1.1) présente davantage de détails sur les activités responsables du résultat.

Pour la contribution de l'indicateur **Indisponibilité de l'eau** dans le résultat obtenu sur l'indicateur *Santé humaine*, elle vient à 99% de l'étape de production des matériaux. En conséquence, la presque totalité (≈98 %) du résultat est dû à des consommations d'eau ayant lieu en Chine, causant une potentielle indisponibilité de l'eau pour les populations locales.

La contribution de la **transformation des terres** aux résultats obtenus pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque en tissu réutilisable est due à 98% à l'étape d'utilisation du masque (à 99% par la consommation d'électricité provenant de barrage hydroélectrique au Québec). L'hydroélectricité implique la transformation de terre (prairies, landes, graviers) en réservoir, c'est-à-dire des zones de lac artificiel principalement, ainsi qu'en des zones industrielles pour le barrage et les infrastructures.

Pour **l'occupation des sols** contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque en tissu réutilisable, 82% du score est dû à l'étape d'utilisation du masque (dû à 94% à l'électricité via les surfaces immergées associées à la production hydroélectrique au Québec), et 15% vient de l'étape de production de matériaux (dû à la culture du coton pour 72%). Pour le coton, les terres sont occupées comme culture irriguée annuelle.

3.1.3 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.

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 3.1.1.

Tableau 3-1 : Résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 1

Indicateurs	Masque de procédure à usage unique	Masque en tissu réutilisable
Changement climatique	100%	2%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	2%
Utilisation de ressources minérales	100%	40%
Santé humaine	100%	13%
Qualité des écosystèmes	100%	8%

Pour une période de 8h : utilisation de 2 masques de procédure à usage unique et 1/100 masque en tissu réutilisable (voir tableau 2-1)

Le masque en tissu réutilisable obtient des scores plus faibles que le masque de procédure à usage unique de 60% à 98%, selon les indicateurs. Il présente donc des impacts environnementaux potentiels plus faibles.

Cette différence vient du fait que pour le masque réutilisable, la contribution de l'étape de production est amortie par le nombre de réutilisations du masque (100 fois). L'étape d'utilisation contribue de manière importante pour le masque en tissu réutilisable, mais cette étape supplémentaire n'engendre pas des résultats suffisamment élevés pour rendre le masque de procédure à usage unique plus intéressant à utiliser d'un point de vue environnemental (que l'avantage d'amortir la production sur le nombre d'utilisations).

3.2 Profil environnemental du cycle de vie des masques ASTM 2 : masque N95 à usage unique et masque N95 réutilisable

3.2.1 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.

Les étapes à l'étude pour les deux masques sont :

- Production des matériaux ;
- Production des emballages ;
- Transport des matériaux et des emballages ;
- Fabrication du masque ;
- Distribution du masque emballé ;
- Utilisation du masque
- Gestion en fin de vie du masque et de l'emballage

L'étape d'utilisation diffère selon le type de masque. En effet, tandis que l'utilisation des masques réutilisables requiert un nettoyage répété, l'utilisation des masques N95 à usage unique n'implique aucune action et donc, ne génère aucun impact.

3.2.1.1 Analyse de contribution pour le masque N95 à usage unique

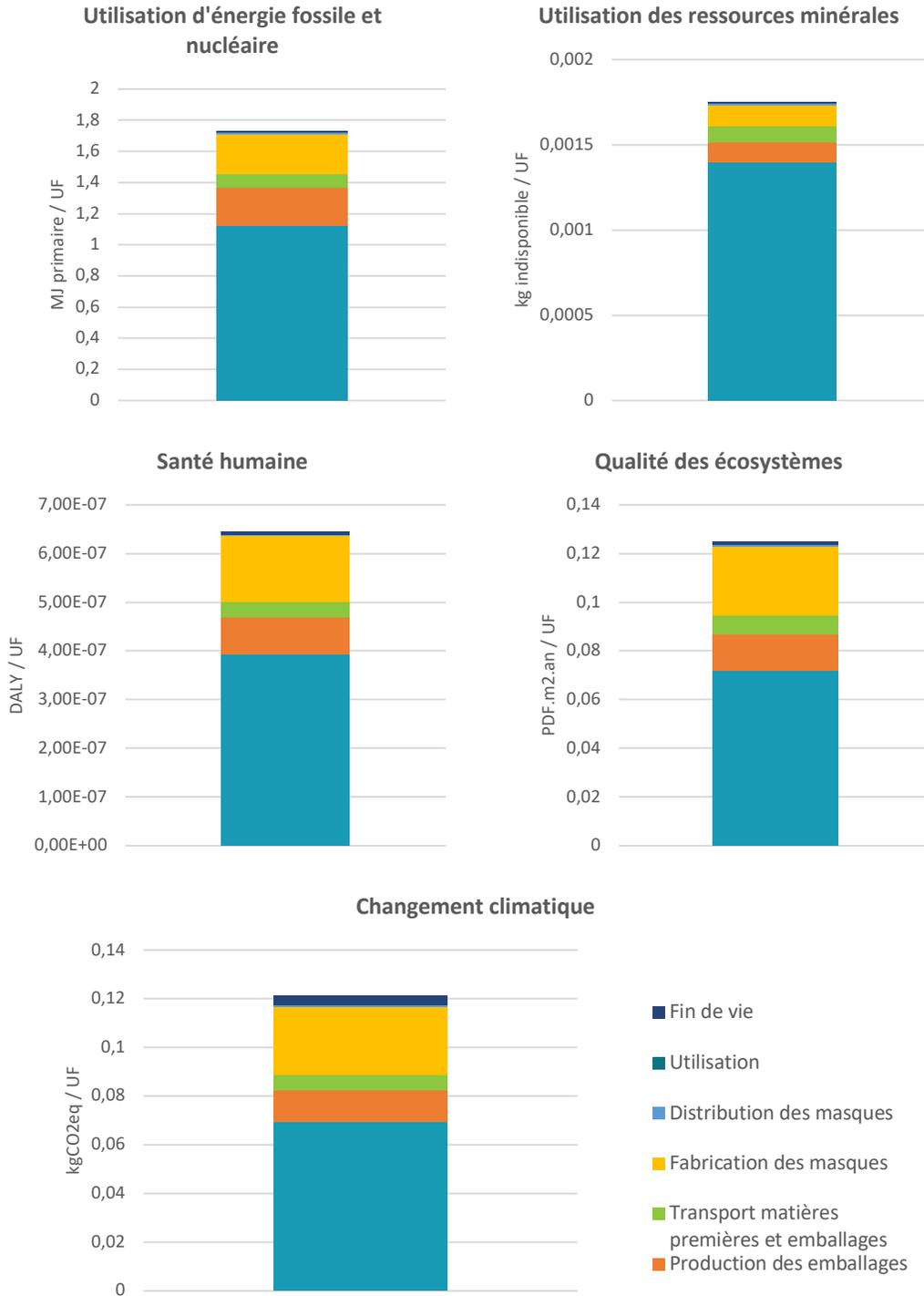


Figure 3-7 : Profil environnemental du masque N95 à usage unique pour les cinq indicateurs (méthode IMPACT World+) (UF : 8h = 1 masque N95 à usage unique)

Les observations sur les contributions aux résultats sont les suivantes :

- Pour tous les indicateurs, le plus grand contributeur au résultat est la **production des matières premières**. Elle représente 57 % - 80 % du résultat ;
- Pour tous les indicateurs, la **fabrication du masque** est le second plus grand contributeur. Elle représente 7 % - 23 % des résultats ;
- Pour tous les indicateurs du masque N95 à usage unique, la **production des emballages** représente 6 %-14 % des résultats ;
- Toutes les autres contributions (transport, distribution, utilisation, fin de vie) sont inférieures à 10 %.

Pour aller plus loin dans l'analyse, il est à noter que les constituants principaux du masque N95 à usage unique 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 matières premières** viennent principalement de la partie centrale (47 %-63 %), de la barre nasale (8 %-40 % selon l'indicateur), et des élastiques (8 %-15 %).

Pour la **fabrication du masque**, la presque totalité des résultats vient 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 (41 %-68 %) pour les trois indicateurs de niveau problème (*Changement climatique*, *Utilisation de ressources fossiles et nucléaires*, *Utilisation de ressources minérales*). Pour l'indicateur *Santé humaine*, les contributions de la boîte et du film plastique sont équivalentes (42 %-43 %). Enfin, pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le premier contributeur est la boîte (42 %).

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur **Changement climatique**, 79% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂), et 16% aux émissions de méthane (CH₄).
- Pour l'indicateur **Utilisation d'énergie fossile et nucléaire**, 38% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 36% aux extractions de charbon, et 21% aux extractions de gaz naturel.

- Pour l'indicateur **Utilisation des ressources minérales**, 49% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 39% aux extractions d'argile.
- Pour l'indicateur **Santé humaine**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 55% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.
- Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables à 68% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.

3.2.1.2 Analyse de contribution pour le masque N95 réutilisable

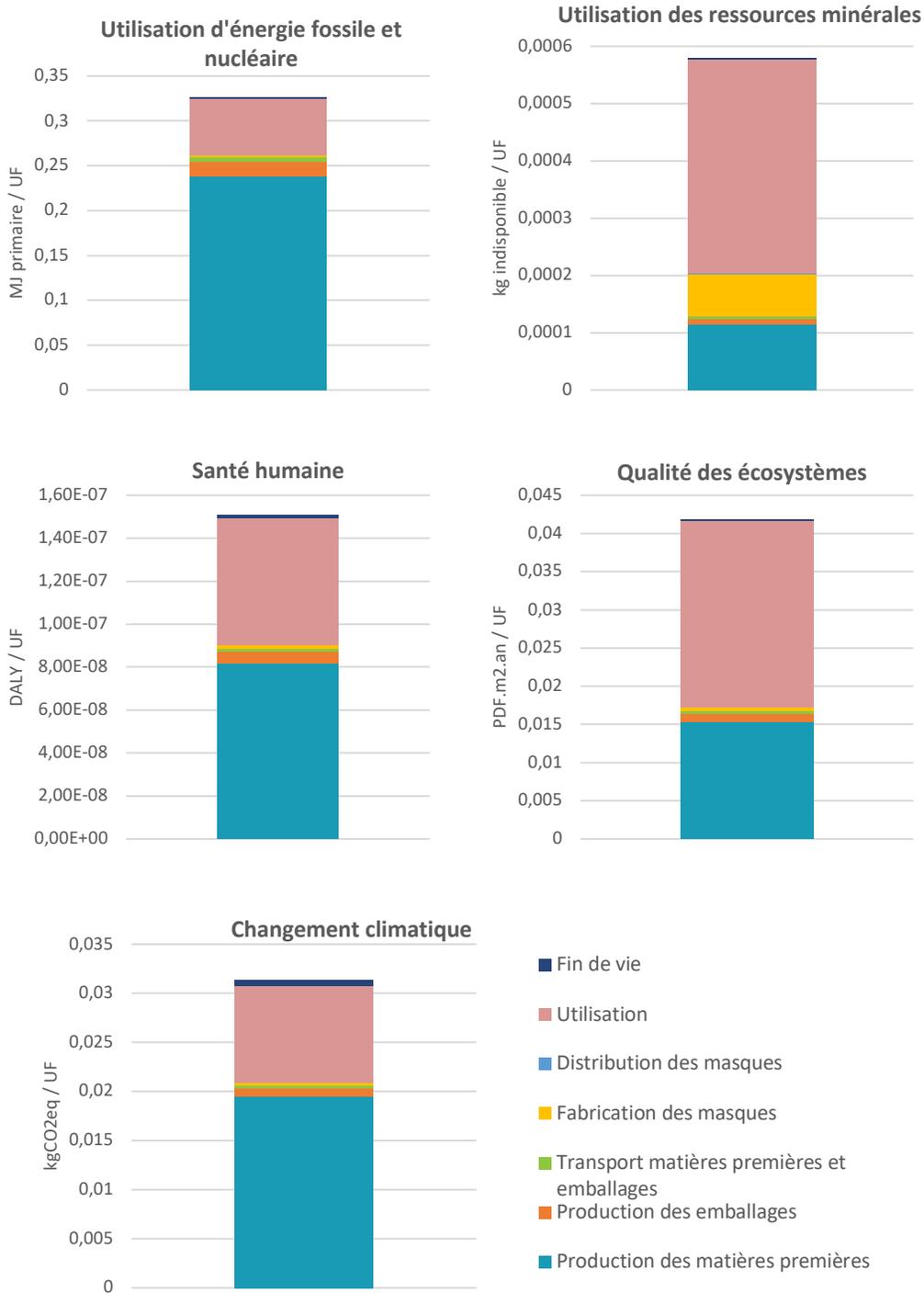


Figure 3-8 : Profil environnemental du masque N95 réutilisable pour les cinq indicateurs (méthode IMPACT World+) (UF : 8h = 1/50 masque N95 réutilisable)

Les observations sur les contributions aux résultats sont les suivantes :

- Pour les indicateurs *Santé humaine*, *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Changement climatique*, le plus grand contributeur au résultat est la **production des matières premières**. Elle représente 54 % - 73 % du résultat. Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes* et *Utilisation des ressources minérales*, l'étape la plus contributrice est **l'utilisation** du masque à respectivement 65% et 64% ;
- La seconde étape la plus contributrice est soit l'étape **d'utilisation** pour les indicateurs *Santé humaine* (39%), *Changement climatique* (31%) et *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* (19%), soit l'étape de **production des matières premières** pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes* (27%) et *Utilisation des ressources minérales* (20%) ;
- La **fabrication du masque** est notable pour l'indicateur *Utilisation des ressources minérales* (12%) ;
- Toutes les autres contributions (production des emballages, transport, distribution, fin de vie) sont inférieures à 10 %.

Pour la **production des matières premières** du masque N95 réutilisable, les trois principaux contributeurs pour les indicateurs *Santé humaine*, *Qualité des écosystèmes*, *Changement climatique* et *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* sont le polycarbonate (45% - 50%), le polyamide (20% - 30%) et le tétrafluoroéthylène (2% - 22%). Pour l'indicateur *Utilisation de ressources minérales*, le tétrafluoroéthylène est le principal contributeur (62%).

Pour l'étape **d'utilisation du masque**, le principal contributeur pour tous les indicateurs est l'étape de nettoyage à l'eau et au savon (63% à 89%) et cette phase est dominée par la production du savon (75% à 100%) pour tous les indicateurs sauf *Utilisation de ressources minérales* (distribution de l'eau à 67%).

Enfin, pour la **fabrication du masque**, l'indicateur *Utilisation des ressources minérales* est dû à 95% aux infrastructures.

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur ***Changement climatique***, 68% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂), et 15% aux émissions de méthane (CH₄).
- Pour l'indicateur ***Utilisation d'énergie fossile et nucléaire***, 31% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 16% aux extractions de charbon, et 42% aux extractions de gaz naturel.
- Pour l'indicateur ***Utilisation des ressources minérales***, 56% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 29% aux extractions d'argile.

- Pour l'indicateur **Santé humaine**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 52% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.
- Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables à 38% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.

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

Comme mentionnés 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*.

3.2.2.1 Masque N95 à usage unique

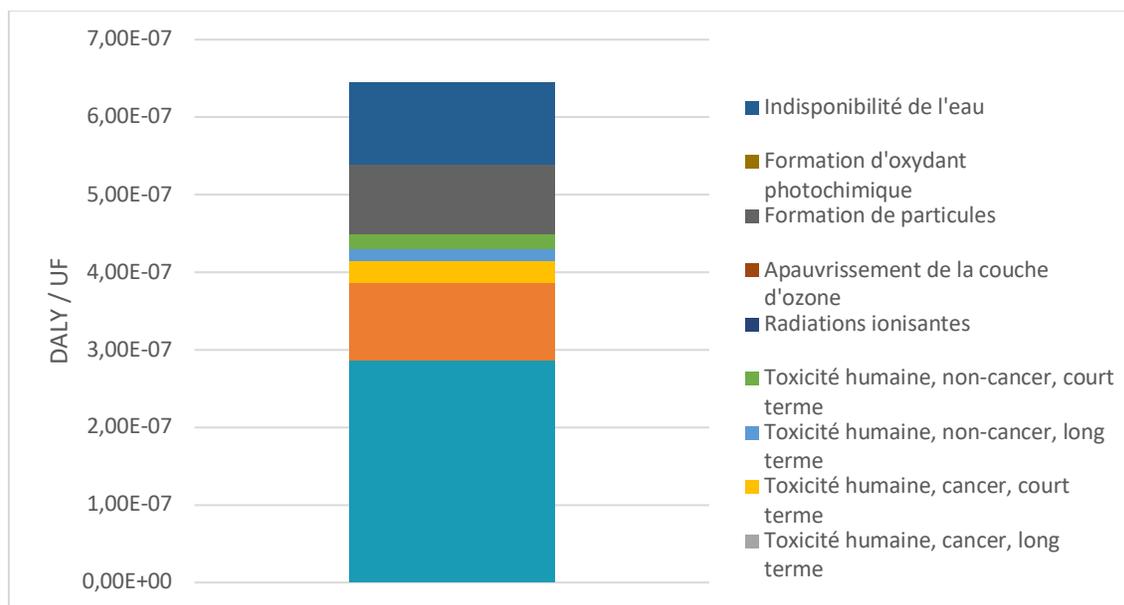


Figure 3-9 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur Santé humaine pour le masque N95 à usage unique (UF : période de 8h = 1 masque N95 à usage unique)

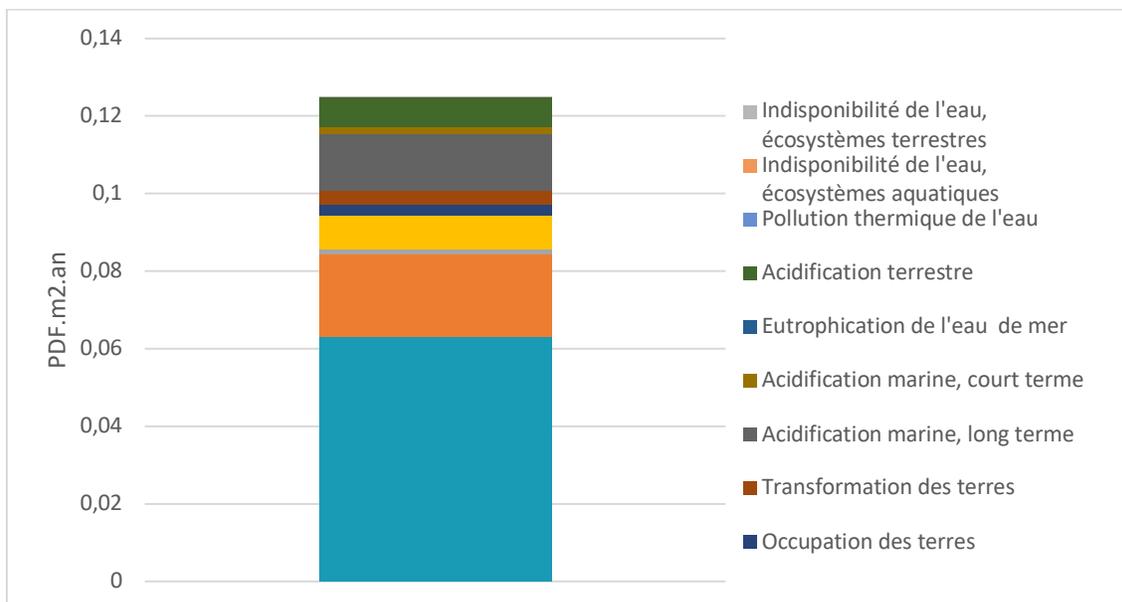


Figure 3-10 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque N95 à usage unique (UF : période de 8h = 1 masque N95 à usage unique)

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 3.5.1.

Les observations sont les suivantes :

- Pour les deux indicateurs de niveau dommage, le plus grand contributeur (60 %-68 %) 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** (16%) ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le troisième plus grand contributeur aux résultats est la **formation de particules** (14 %) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le second contributeur (12%) est l'**acidification marine à long terme**. La contribution de l'ensemble des enjeux d'acidification est de 20 % ;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.2.1) 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 pour le masque N95 à usage unique de l'étape de production des matériaux (67 %), de la production des

emballages (20%). En conséquence, la presque totalité ($\approx 99\%$) du résultat est dû à des extractions 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*, 91% des émissions sont dues aux étapes réalisées en Chine, en particulier la production des matériaux (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 (CO_2). Les contributions se trouvent donc être similaires à celles obtenues sur l'indicateur *Changement climatique* présentées à la section précédente (3.2.1). Par ailleurs, entre leur contribution au changement climatique et la contribution des émissions de CO_2 à l'acidification marine, les gaz à effet de serre (GES) sont responsables de 81% des résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes*.

3.2.2.2 Masque N95 réutilisable

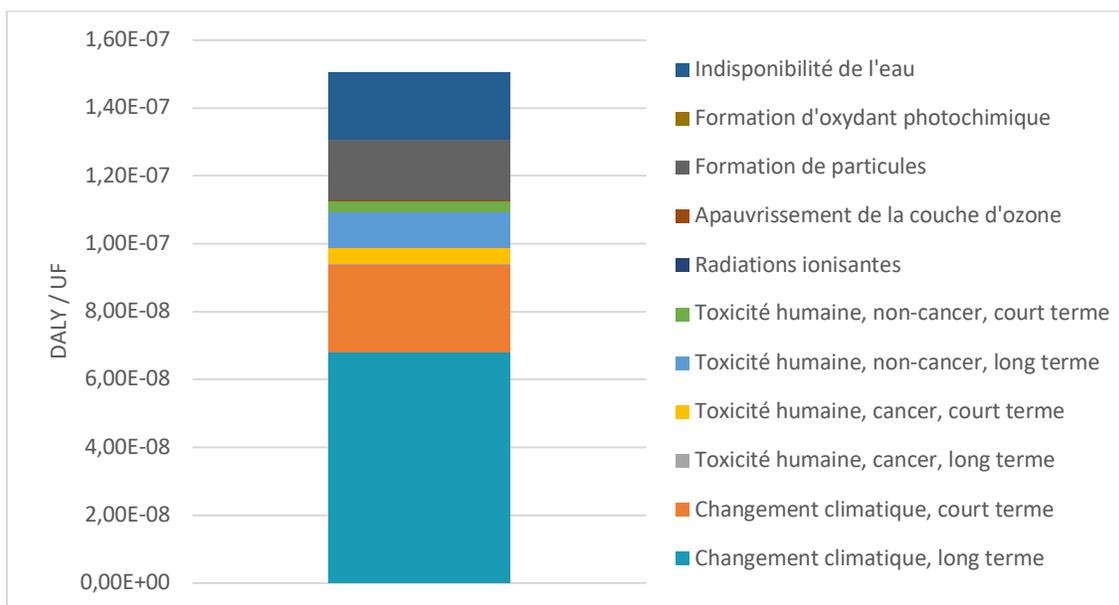


Figure 3-11 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine* pour le masque N95 réutilisable (UF : période de 8h = 1/50 masque N95 réutilisable)

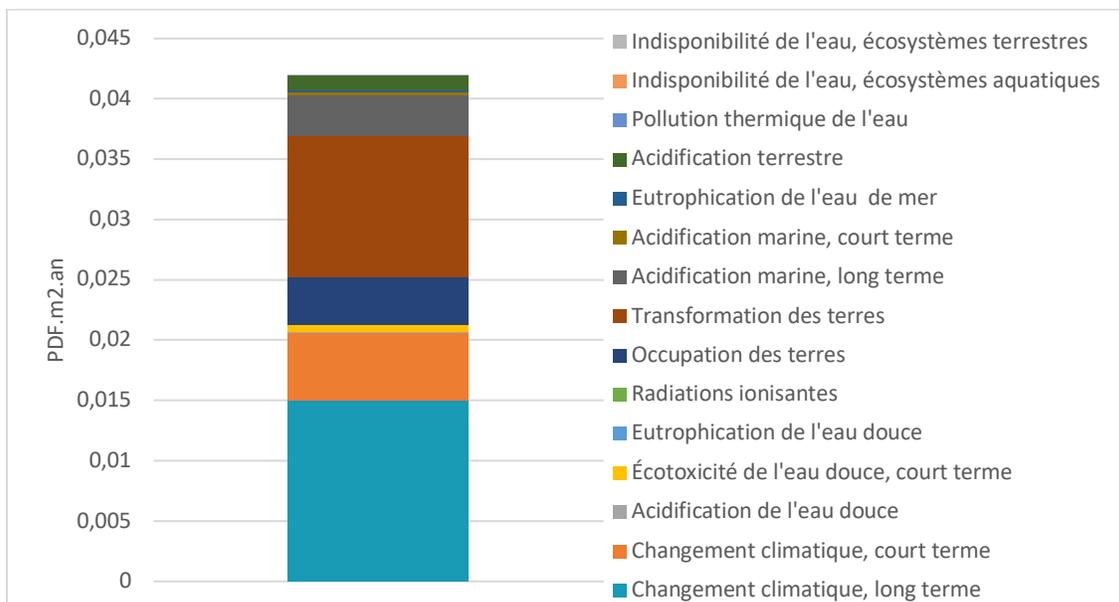


Figure 3-12 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque N95 réutilisable (UF : période de 8h = 1/50 masque N95 réutilisable)

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 3.5.1.

Les observations sont les suivantes :

- Pour les deux indicateurs de niveau dommage, le plus grand contributeur (49 %-62 %) 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** (13%) ;
- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le troisième plus grand contributeur aux résultats est la **formation de particules** (12%) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le second contributeur (28%) est la **transformation des terres**.
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.2.1) présente davantage de détails sur les activités responsables du résultat.

L'indicateur **Indisponibilité de l'eau** vient à 58% de l'étape de production des matériaux et 34% de l'utilisation du masque.

Pour la **formation de particules** contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine*, les résultats sont partagés à 57% pour la production des matériaux et 40% pour la phase d'utilisation du masque N95 réutilisable.

La contribution de la **transformation des terres** aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* est due à 97% à l'étape d'utilisation du masque (à 97% par la consommation d'électricité provenant de barrage hydroélectrique au Québec).

3.2.3 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.

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 présentés à la section 3.2.1.

Tableau 3-2 : Résultats normalisés pour les masques certifiés ASTM 2

Indicateurs	Masque N95 à usage unique	Masque N95 réutilisable
Changement climatique	100%	26%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	19%
Utilisation de ressources minérales	100%	33%
Santé humaine	100%	23%
Qualité des écosystèmes	100%	34%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir tableau 2-1)

Le masque N95 réutilisable obtient des scores plus faibles que le masque N95 à usage unique, de 66% à 81% selon les indicateurs.

Cette différence vient du fait que pour le masque réutilisable, la contribution de l'étape de production est amortie par le nombre de réutilisations du masque (50 fois). L'étape d'utilisation contribue de manière importante pour le masque N95 réutilisable, mais cette étape supplémentaire n'engendre pas des résultats suffisamment élevés pour rendre le masque N95 à usage unique plus intéressant à utiliser d'un point de vue environnemental (que l'avantage d'amortir la production sur le nombre d'utilisations).

3.3 Profil environnemental du cycle de vie du masque PLA/cellulose à usage unique

3.3.1 Analyse de contribution 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 d'indicateurs.

Les étapes prises en compte sont :

- Production des matériaux ;
- Production des emballages ;
- Transport des matériaux et des emballages ;
- Fabrication du masque ;
- Distribution du masque emballé ;
- Gestion en fin de vie du masque et de l'emballage

L'utilisation des masques en PLA/cellulose à usage unique n'implique aucune action et donc, ne génère aucun impact.

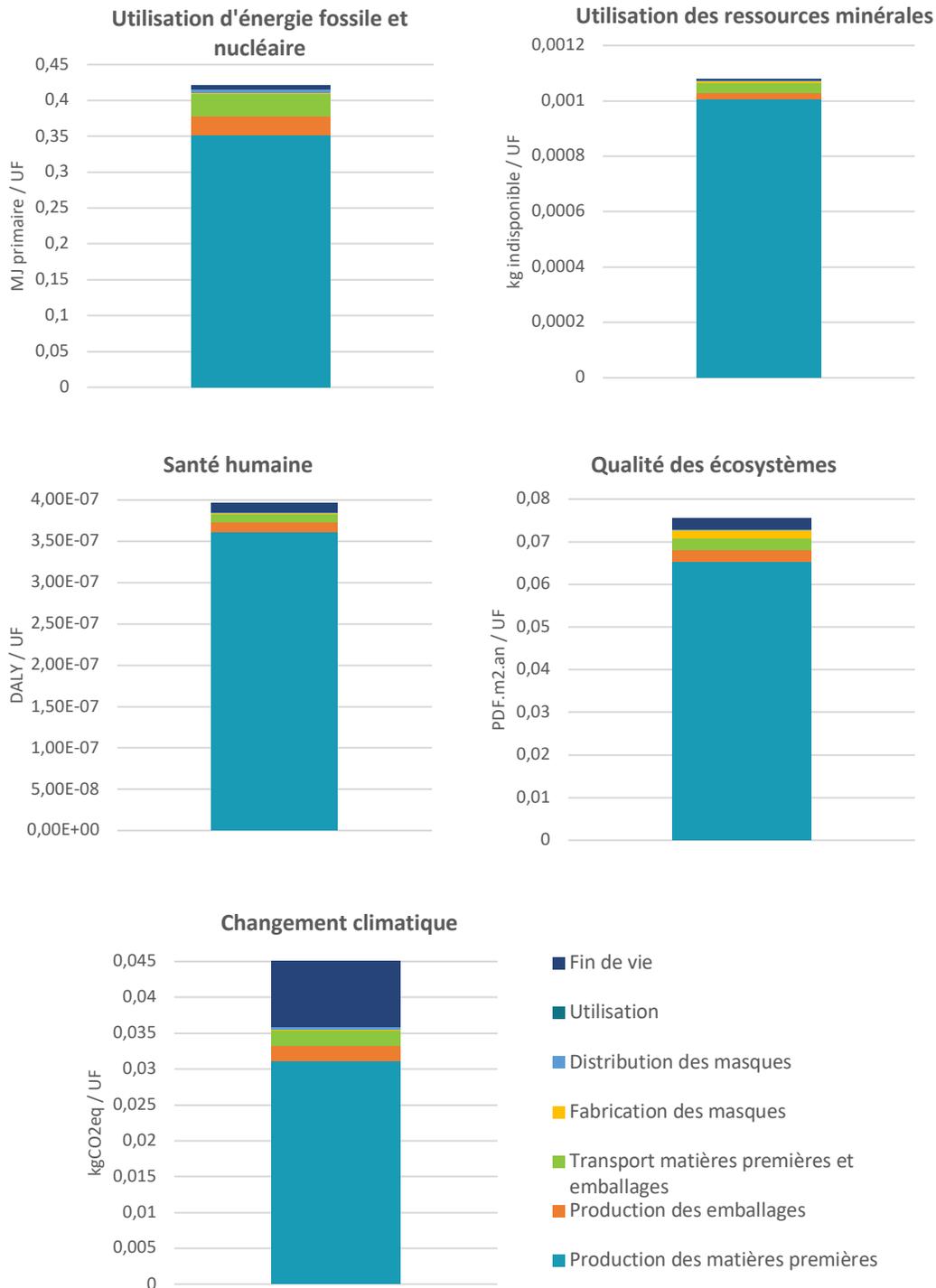


Figure 3-13 : Profil environnemental du masque PLA/cellulose à usage unique pour les cinq indicateurs (méthode IMPACT World+) (UF : période de 8h = 2 masques de PLA/cellulose à usage unique)

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

- Pour tous les indicateurs, le plus grand contributeur au résultat est la **production des matières premières**. Elle représente 67 %-95 % du résultat.
- Le second principal contributeur (23%) pour l'indicateur *Changement climatique* est l'étape de **traitement de fin de vie**.
- Pour tous les indicateurs du masque PLA/cellulose à usage unique, la **production des emballages** représente 2 %-6 % des résultats;
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 5 %.

Pour aller plus loin dans l'analyse, il est à noter que les constituants principaux du masque PLA/cellulose à usage unique sont la partie centrale (la couche acide polylactique et cellulose, représentant 85% de la masse totale du masque). Les résultats obtenus par l'étape de **production des matières premières** viennent principalement de la partie centrale (49 %-75 %), de la barre nasale (6 %-41 % selon l'indicateur), et des élastiques (6 %-32 %).

Pour la **production des emballages** du masque PLA/cellulose à usage unique, le premier contributeur est le carton (83% - 93%) pour tous les indicateurs.

Enfin, pour le **traitement en fin de vie** (enfouissement) dans l'indicateur *changement climatique*, le principal contributeur est le traitement de la cellulose (91%).

En termes de flux d'inventaire :

- Pour l'indicateur **Changement climatique**, 59% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂), et 36 % aux émissions de méthane (CH₄).
- Pour l'indicateur **Utilisation d'énergie fossile et nucléaire**, 27% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de pétrole, 43% aux extractions de charbon, et 26% aux extractions de gaz naturel.
- Pour l'indicateur **Utilisation des ressources minérales**, 58% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de phosphate, 22% extractions de fer, et 18% aux extractions d'argile.
- Pour l'indicateur **Santé humaine**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 24% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.
- Pour l'indicateur **Qualité des écosystèmes**, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables à 31% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 10%.

Enfin, le masque PLA/cellulose à usage unique permet la **séquestration en site d'enfouissement**, pour la fraction non dégradée du PLA, du carbone en quantité

équivalente à 5,44 g CO₂/UF (Vink et Davies, 2015) capté de l'atmosphère durant la croissance de la biomasse.

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

Comme mentionnés 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*.

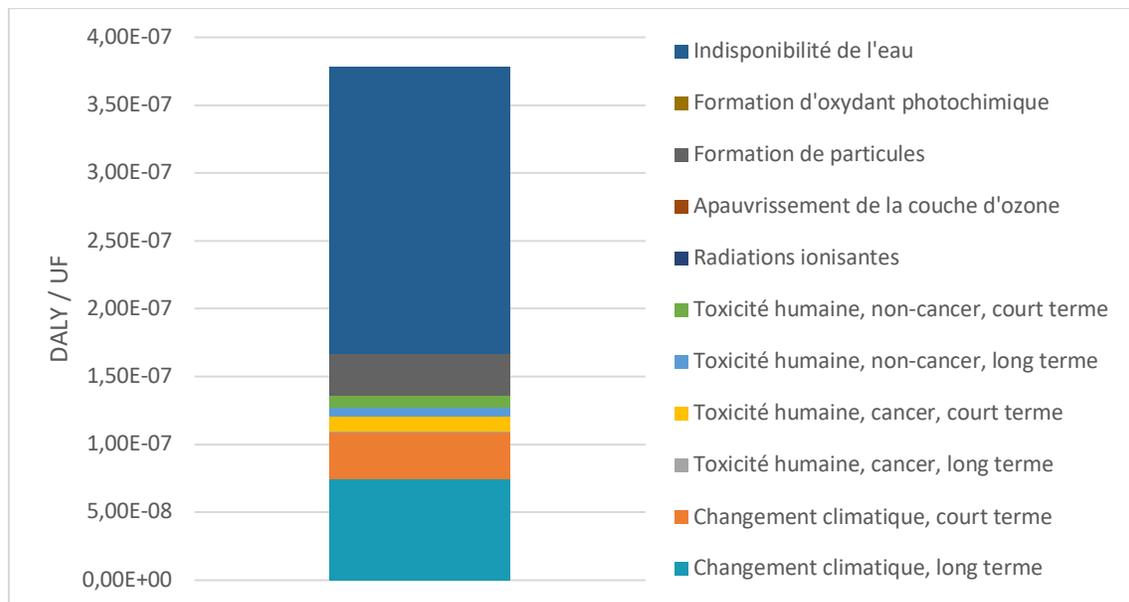


Figure 3-14 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Santé humaine* pour le masque PLA/cellulose à usage unique (UF : période de 8h = 2 masques de PLA/cellulose à usage unique)

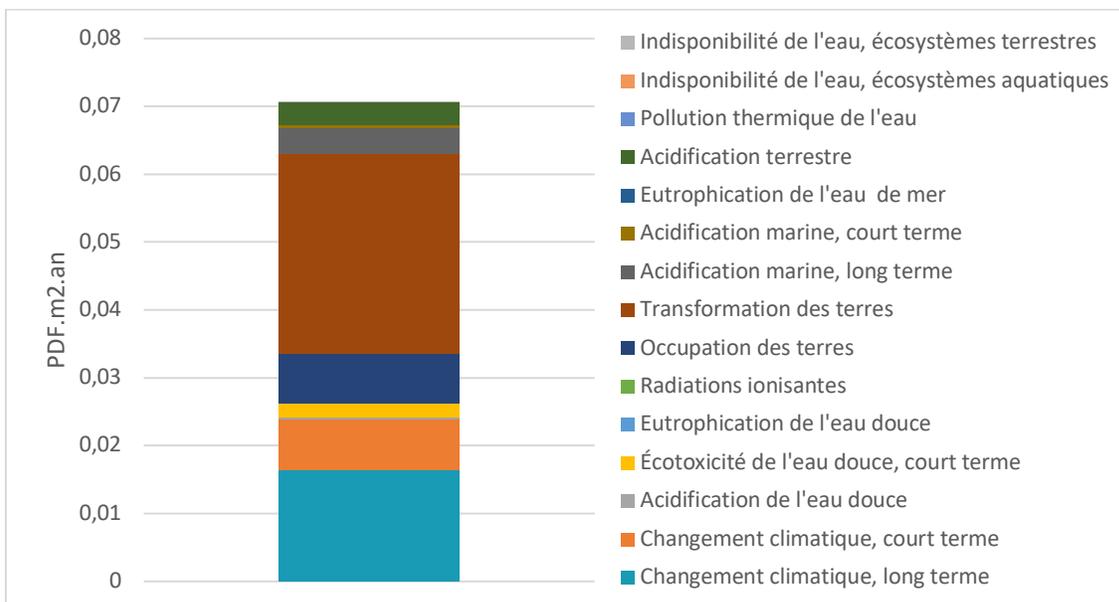


Figure 3-15 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque PLA/cellulose à usage unique (UF : période de 8h = 2 masques de PLA/cellulose à usage unique)

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 3.5.1.

Les observations sont les suivantes :

- Pour l'indicateur *Santé humaine*, le principal contributeur est l'**indisponibilité de l'eau** (56%) et le second contributeur est le **changement climatique** (29%) ;
- Pour l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, le principal contributeur est la **transformation des terres** (42%), le deuxième contributeur (33%) est le **changement climatique**. Et le troisième contributeur (10%) est l'**occupation des terres**.
- Toutes les autres contributions sont inférieures à 10 %.

Pour tout ce qui a trait au changement climatique, la section précédente (3.3.1) 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 pour le masque PLA/cellulose à usage unique de l'étape de production des matériaux (98 %), en particulier de la culture du maïs pour la production de l'acide polylactique. En conséquence, pour le masque PLA/cellulose

à usage unique, la presque totalité ($\approx 99\%$) du résultat est dû à des extractions d'eau ayant lieu en Chine, causant une potentielle indisponibilité de l'eau pour les populations locales.

La contribution de la **transformation des terres** aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* pour le masque PLA/cellulose à usage unique est due à 94% à l'étape de production des matériaux (à 99% pour la culture du maïs pour la production de l'acide polylactique).

Pour l'**occupation des sols** contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes*, 84% est dû à l'étape de production des matériaux (à 97% pour la culture du maïs pour la production de l'acide polylactique).

3.4 Qualité des données de l'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 qu'aucune méthode particulière ne soit actuellement prescrite par l'ISO, deux critères ayant une influence sur la qualité de l'inventaire ont été choisis pour évaluer les données :

- **Fiabilité** : concerne les sources, les méthodes d'acquisition et les procédures de vérification des données. Une donnée jugée fiable est une donnée vérifiée et mesurée sur le terrain. Ce critère se réfère principalement à la quantification des flux économiques.
- **Représentativité** : traite des corrélations géographique et technologique. Est-ce que l'ensemble des données reflète la réalité? Une donnée est jugée représentative lorsque la technologie est en relation directe avec le champ d'étude. Ce critère se rapporte principalement au choix des processus servant à modéliser le système.

Ils sont évalués de manière semi-qualitative à l'aide d'une note entre 1 (meilleure qualité) et 5 (pire qualité). Plus de détails sur le système de notation et les résultats de l'analyse de la qualité des données d'inventaire sont présentés 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 2 critères sont comprises entre 1 (meilleure note) et 3 (note moyenne) ;
- Les processus contribuant à 11% ou plus des résultats d'indicateurs obtiennent cependant tous une note inférieure ou égale à 3 sur les 2 critères de fiabilité et représentativité.

Les données les plus incertaines concernent certaines matières premières non disponibles dans la base de données ecoinvent pour lesquelles des matériaux proches ont été utilisés pour modéliser les différents masques.

Pour les masques N95 réutilisables, en tissu réutilisable et PLA/cellulose à usage unique, la plupart des données proviennent des fabricants directement et permettent d'avoir une grande fiabilité.

Considérant l'importance des phases de production des matières premières (pour tous les masques) et d'utilisation (pour les masques réutilisables), et les notes inférieures à 3 pour les deux critères de fiabilité et représentativité pour ces étapes pour tous les masques, la qualité des données est satisfaisante.

3.5 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.

Le choix des paramètres testés découle de l'analyse de qualité des données et de l'analyse de contribution. Certaines données impliquées dans des processus ayant des contributions importantes et corrélées à une qualité moindre ont été testées pour mesurer leur influence sur les résultats. Des choix méthodologiques importants (notamment le choix de la méthode d'évaluation des impacts) et certains autres paramètres clés ont aussi été testés pour analyser leur contribution aux résultats.

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 nombre d'utilisations des masques réutilisables (10 à 100 fois) et la durée de port des masques à usage unique (1 à 4 heures pour les masques de procédure à usage unique et 2 à 8 heures pour les N95 à usage unique)
- Les quantités de matériaux utilisés (+/-20 %)
- Le type de lavage utilisé pour les masques N95 réutilisables
- Les matériaux utilisés : provenance de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique
- Le lieu de fabrication du masque N95 à usage unique
- La composition des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique

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

3.5.1 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 l'indicateur *Qualité des écosystèmes*. Cette première analyse de sensibilité vise donc à étudier l'influence de l'ajout de cet indicateur sur les conclusions apportées.

La figure suivante présente l'analyse de contribution comparative pour le masque PLA/cellulose à usage unique, sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* lorsque l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* y est ajouté. Les résultats concernant cette analyse de sensibilité sur le choix des indicateurs environnementaux (*inclusion de l'indicateur Écotoxicité de l'eau douce, long terme*) pour les masques de procédure à

usage unique, en tissu réutilisable, N95 à usage unique, N95 réutilisable présentant une allure similaire (prédominance de cet indicateur), ils ne sont pas présentés dans le rapport, mais disponibles en Annexe E.

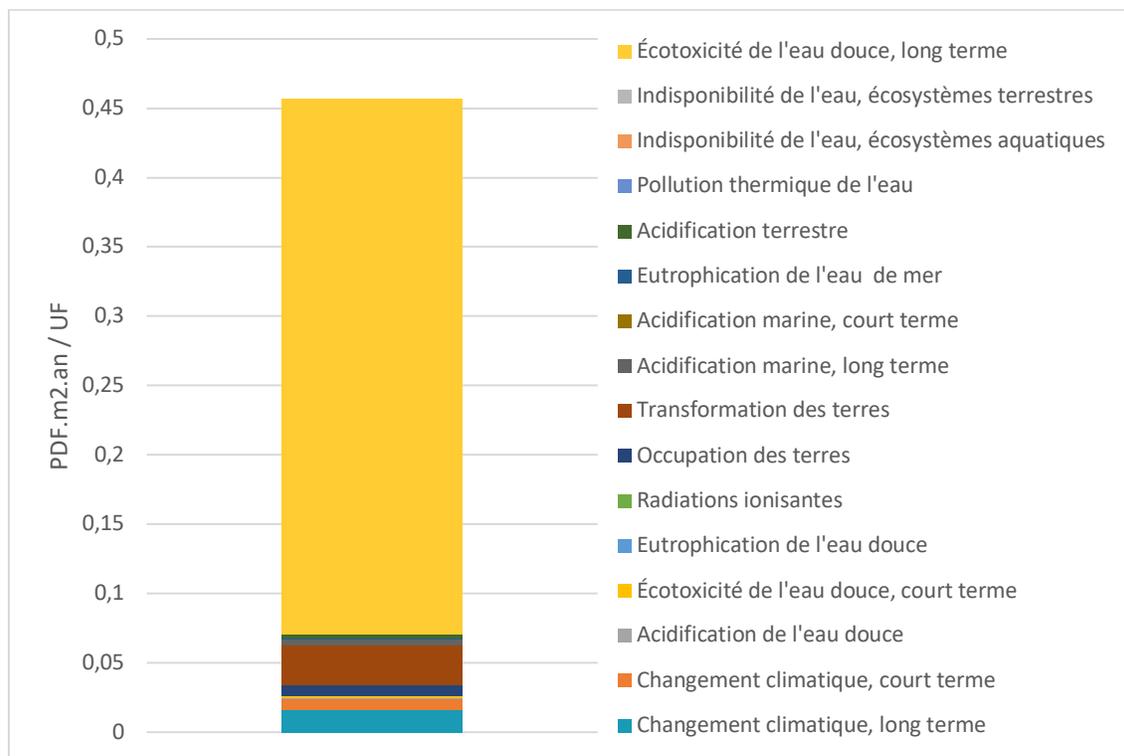


Figure 3-16 : Analyse des contributions des problèmes environnementaux aux résultats obtenus sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* en incluant l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* pour le masque PLA/cellulose à usage unique.

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 les cinq masques, sa contribution est de plus de 77 %.

Le classement des masques sur l'indicateur *Qualité des écosystèmes* n'est par contre pas affecté par l'inclusion de l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme*. Cependant, la différence relative entre les masques est légèrement modifiée. Lorsque l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme* est inclus, les masques en tissu réutilisable et N95 réutilisable obtiennent des résultats respectivement 93 % et 85 % plus faibles que ceux des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique (contre 91 % et 67 % 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 (>77 % pour les cinq masques) des émissions d'aluminium dans l'eau.

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 masques est conservé, mais les différences relatives entre masques 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.

3.5.2 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, v1.02, perspective Hiérarchiste) (Huijbregts et al., 2017). Cette deuxième méthode est choisie, car :

- À l'instar d'IMPACT World+, sa couverture est globale et ne se limite pas à un contexte géographique plus limité comme d'autres méthodes (p.ex. CML ou ILCD);
- À l'instar d'IMPACT World+, ReCiPe offre les deux niveaux d'indicateurs facilitant la prise de décision: indicateurs de niveau problème et indicateurs de niveau dommage (voir paragraphe 2.10) ;
- C'est une méthode partiellement régionalisée, comme IMPACT World+;
- C'est une méthode réputée robuste, publiée et revue par les pairs, et régulièrement mise à jour;
- ReCiPe offrant trois différentes variantes ou perspectives (quant aux hypothèses et choix de valeurs des modèles sous-jacents de la méthode, principalement reliés à la perspective temporelle), la perspective Hiérarchiste est choisie, car elle ne présuppose pas de privilégier une vision court-terme ou long-terme, mais plutôt

une perspective sur un horizon de temps intermédiaire, en cohérence avec les principes politiques les plus communs (p.ex. un horizon de temps de 100 ans pour estimer le changement climatique).

Les tableaux suivants présentent la comparaison des résultats totaux normalisés obtenus avec IMPACT World+ et ReCiPe, pour le masque de procédure à usage unique et le masque N95 à usage unique. 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 les masques certifiés ASTM 1

Indicateur	Masques	Résultat total normalisé ReCiPe	Résultat total normalisé IMPACT World+
Changement climatique	Procédure à usage unique	100%	100%
	Tissu réutilisable	2%	2%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	Procédure à usage unique	100%	100%
	Tissu réutilisable	1%	2%
Utilisation de ressources minérales	Procédure à usage unique	100%	100%
	Tissu réutilisable	10%	40%
Santé humaine	Procédure à usage unique	100%	100%
	Tissu réutilisable	3%	13%
Qualité des écosystèmes	Procédure à usage unique	100%	100%
	Tissu réutilisable	3%	8%

Pour une période de 8h : utilisation de 2 masques de procédure à usage unique et 1/100 masque en tissu réutilisable (voir tableau 2-1)

Tableau 3-4 : Analyse de sensibilité sur le choix de la méthode d'évaluation des impacts environnementaux pour les masques certifiés ASTM 2

Indicateur	Masques	Résultat total normalisé ReCiPe	Résultat total normalisé IMPACT World+
Changement climatique	N95 à usage unique	100%	100%
	N95 réutilisable	25%	25%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	N95 à usage unique	100%	100%
	N95 réutilisable	16%	17%
Utilisation de ressources minérales	N95 à usage unique	100%	100%
	N95 réutilisable	15%	32%
Santé humaine	N95 à usage unique	100%	100%
	N95 réutilisable	20%	22%
Qualité des écosystèmes	N95 à usage unique	100%	100%
	N95 réutilisable	31%	33%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir Tableau 2-1)

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 sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* : la méthode ReCiPe donne des avantages respectifs de 90% et 85% au masque en tissu réutilisable et au masque N95 réutilisable, tandis que la méthode IMPACT World+ les évaluait respectivement à 60% et 68%. 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, les premiers contributeurs au résultat obtenu avec la méthode IMPACT World+ sont le fer (49% à 85%) et l'argile (9% à 40%) pour tous les masques, alors qu'il s'agit de l'aluminium pour le masque de procédure à usage unique et N95 à usage

unique (respectivement 54% et 25%) ainsi que l'or (procédure à usage unique : 12%, N95 à usage unique : 34%, N95 réutilisable : 56%, tissu réutilisable : 39%), le nickel (N95 à usage unique : 18%, tissu réutilisable : 26%) avec la méthode ReCiPe. Néanmoins, les observations générales sur les indicateurs (i.e. le fait que les résultats des masques à usage unique soient supérieurs à ceux des masques réutilisables) sont maintenues.

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

3.5.3 Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des masques réutilisables et durée de port des masques à usage unique

Dans le cas de base, les masques réutilisables sont lavés après 8 heures de port et réutilisés 100 fois pour le masque en tissu réutilisable et 50 fois pour le masque N95 réutilisable, en suivant les recommandations des fabricants et des certifications. Pour les masques à usage unique, les masques de procédure à usage unique sont utilisables 4 heures et les N95 à usage unique sont portés 8 heures, en respectant les [recommandations du gouvernement du Québec sur le port des masques](#). Dans un usage réel, il est possible que les masques réutilisables soient réutilisés moins de 100 et 50 fois pour respectivement les masques en tissu réutilisable et les masques N95 réutilisable et que les masques à usage unique soient portés moins de 4 heures et 8 heures pour respectivement les masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique (un plus grand nombre de réutilisations et des durées de port supérieures à ceux mentionnés iraient à l'encontre des différentes recommandations et ne seront donc pas analysés).

Cette analyse de sensibilité applique des nombres d'utilisations allant de 1 à 100 fois pour les masques en tissu réutilisable et 1 à 50 pour les masques N95 réutilisable; et des durées de port entre 1 heure et 4 heures pour le masque de procédure à usage unique et entre 2 heures et 8 heures pour le masque N95 à usage unique.

Cette section présente les résultats obtenus pour les deux types de masques (procédure à usage unique et tissu réutilisable, N95 à usage unique et N95 réutilisable). Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100% est attribuée aux résultats du masque à usage unique dans un contexte recommandé (4 heures pour le masque de procédure à usage unique et 8 heures pour le masque N95 à usage unique), et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur.

Tableau 3-5 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des masques réutilisables et durée de port des masques à usage unique (procédure à usage unique et tissu réutilisable)

Nombre / Durée d'utilisation	Tissu réutilisé 100 fois (<i>Cas de référence</i>)	Tissu réutilisé 50 fois	Tissu réutilisé 10 fois	Tissu réutilisé 5 fois	Tissu utilisé 1 fois	Procédure utilisée 4h (2 masques/UF) (<i>Cas de référence</i>)	Procédure utilisée 2h (4 masques/UF)	Procédure utilisée 1h (8 masques/UF)
Changement climatique	2%	3%	9%	17%	80%	100%	200%	400%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	2%	3%	10%	19%	90%	100%	200%	400%
Utilisation des ressources minérales	40%	42%	65%	90%	297%	100%	200%	400%
Santé humaine	13%	24%	115%	228%	1133%	100%	200%	400%
Qualité des écosystèmes	8%	9%	16%	25%	98%	100%	200%	400%

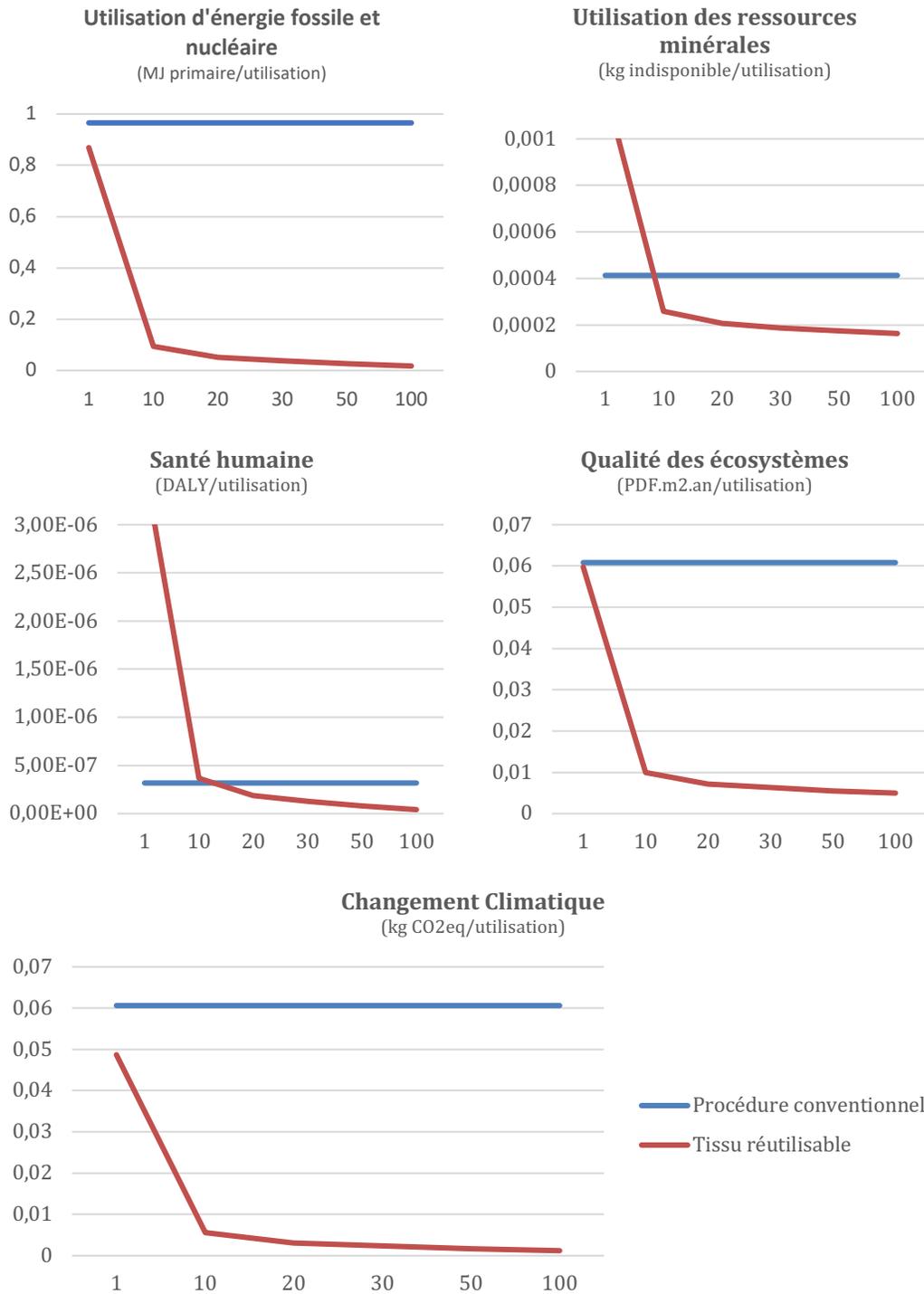


Figure 3-17 : Comparaison du masque de procédure à usage unique et du masque en tissu réutilisable, en fonction du nombre d'utilisations des masques (méthode IMPACT World+)

Tableau 3-6 : Analyse de sensibilité sur le nombre d'utilisations des masques réutilisables et durée de port des masques à usage unique (N95 à usage unique et N95 réutilisable)

Nombre / Durée d'utilisation	N95 réutilisable utilisé 50 fois <i>(Cas de référence)</i>	N95 réutilisable utilisé 30 fois	N95 réutilisable utilisé 10 fois	N95 réutilisable utilisé 5 fois	N95 réutilisable utilisé 1 fois	Procédure utilisé 8h (1 masque/UF) <i>(Cas de référence)</i>	Procédure utilisé 4h (2 masques/UF)	Procédure utilisé 2h (4 masques/UF)
Changement climatique	25%	36%	93%	179%	864%	100%	200%	400%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	17%	27%	74%	144%	706%	100%	200%	400%
Utilisation des ressources minérales	32%	40%	78%	135%	593%	100%	200%	400%
Santé humaine	22%	32%	77%	145%	691%	100%	200%	400%
Qualité des écosystèmes	33%	42%	87%	154%	694%	100%	200%	400%

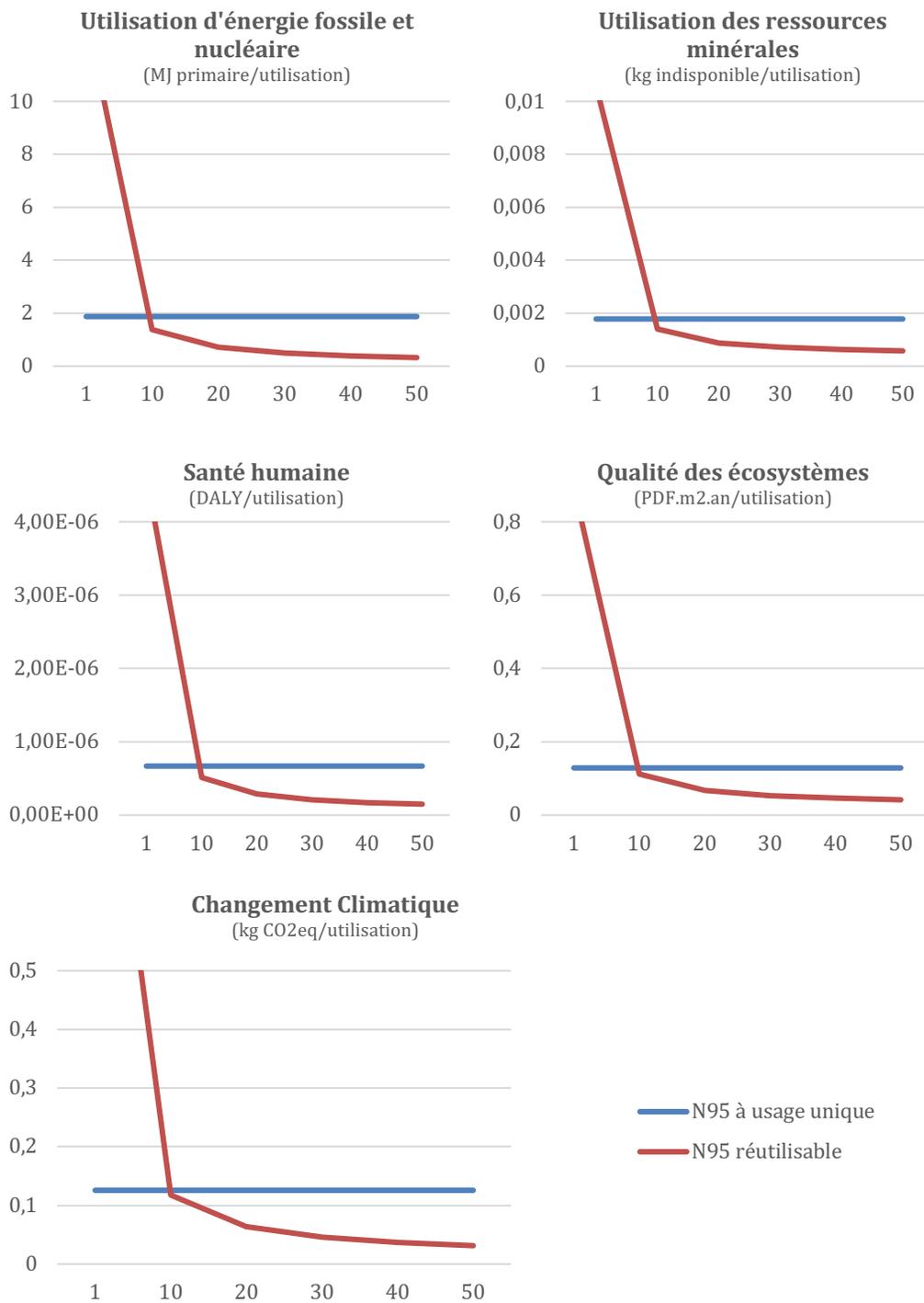


Figure 3-18 : Comparaison du masque N95 à usage unique et du masque N95 réutilisable, en fonction du nombre d'utilisations des masques (méthode IMPACT World+)

Les courbes bleues représentent les impacts potentiels des masques à usage unique (procédure et N95) pour une unité fonctionnelle (respectivement 2 masques et 1 masque pour le masque de procédure à usage unique et le masque N95 à usage unique). Ces résultats ne sont pas modifiés suivant le nombre de réutilisations, car ces masques ne sont pas réutilisables et donc leurs résultats par unité fonctionnelle ne varient pas. Les courbes rouges représentent les impacts potentiels des masques réutilisables (tissu réutilisable et N95 réutilisable) pour une unité fonctionnelle en fonction de leur nombre de réutilisations.

Les conclusions de l'étude (classement des masques et valeurs des différences) peuvent être modifiées lorsque le nombre d'utilisations change.

En effet pour les deux types de masques :

- Les résultats du masque de procédure à usage unique sont plus élevés que le masque en tissu réutilisable, peu importe le nombre d'utilisations (même pour un usage unique, même si c'est contre-intuitif, ceci s'explique, car les masques ont des quantités de matière proches) pour les indicateurs *Changement climatique*, *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *Qualité des écosystèmes*. Pour les indicateurs *Utilisation de ressources minérales* et *Santé humaine*, les contributions sont plus faibles pour le masque de procédure à usage unique à partir de respectivement 4 et 13 réutilisations du masque en tissu.
- Les résultats obtenus pour le masque N95 réutilisable sont plus faibles que le masque N95 à usage unique jusqu'à 8 ou 9 réutilisations (suivant les indicateurs) du masque N95 réutilisable, au-delà (8-9 utilisations et moins) le masque N95 réutilisable obtient des résultats plus élevés pour l'ensemble des indicateurs.
- La durée de port des masques à usage unique multiplie les contributions proportionnellement à la diminution de la durée d'utilisation.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Le nombre d'utilisations influence les conclusions pour l'ensemble des indicateurs dans le cas du masque N95 à usage unique et N95 réutilisable si le masque N95 réutilisable est réutilisé moins de 8 ou 9 fois (suivant les indicateurs). Pour le masque de procédure à usage unique et le masque en tissu réutilisable, les conclusions restent inchangées (le masque de procédure à usage unique a des résultats plus élevés) pour les 3 indicateurs et sont modifiées (le masque de procédure à usage unique a des résultats plus faibles) à partir de 4 et 13 réutilisations pour les deux autres indicateurs. Cependant, ces nombres d'utilisations (≈ 10 réutilisations) sont faibles par rapport aux 50 et 100 réutilisations recommandées par les fabricants et certifications pour respectivement les masques N95 réutilisables et les masques en tissu réutilisable.

3.5.4 Analyse de sensibilité sur les quantités de matériaux

Les analyses de contribution ont illustré que, pour tous les masques, pour tous les indicateurs, le plus grand contributeur aux résultats d'indicateurs est l'étape de production des matières premières, sauf pour les indicateurs *Utilisation de ressources minérales* et *Qualité des écosystèmes* dans le cas des masques réutilisables (l'étape de production des matériaux est alors la seconde plus grande contributrice après l'étape d'utilisation des masques). 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.

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.

Cette section présente les résultats obtenus pour les deux types de masques (procédure et tissu réutilisable, N95 à usage unique et N95 réutilisable). Pour chaque colonne et chaque indicateur, une valeur de 100% est attribuée aux résultats du masque à usage unique dans un cas de base, et les autres résultats sont exprimés en fonction de cette valeur.

Tableau 3-7 : Analyse de sensibilité sur la quantité de matériaux utilisée pour les masques de procédure à usage unique et en tissu réutilisable

Quantité de matériaux	Procédure -20%	Procédure	Procédure +20%	Tissu réutilisable -20%	Tissu réutilisable	Tissu réutilisable +20%
Changement climatique	88%	100%	115%	2%	2%	2%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	87%	100%	115%	2%	2%	2%
Utilisation des ressources minérales	88%	100%	115%	39%	40%	40%
Santé humaine	88%	100%	115%	11%	13%	15%
Qualité des écosystèmes	88%	100%	114%	8%	8%	8%

Pour une période de 8h : utilisation de 2 masques de procédure à usage unique et 1/100 masque en tissu réutilisable (voir Tableau 2-1)

Tableau 3-8 : Analyse de sensibilité sur la quantité de matériaux utilisée pour les masques de N95 à usage unique et N95 réutilisable

Quantité de matériaux	N95 à usage unique -20%	N95 à usage unique	N95 à usage unique +20%	N95 réutilisable -20%	N95 réutilisable	N95 réutilisable +20%
Changement climatique	89%	100%	113%	22%	25%	28%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	88%	100%	114%	15%	17%	20%
Utilisation des ressources minérales	85%	100%	117%	31%	32%	34%
Santé humaine	88%	100%	113%	20%	22%	25%
Qualité des écosystèmes	89%	100%	113%	30%	33%	35%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir Tableau 2-1)

Pour l'ensemble des masques, les résultats totaux normalisés varient peu (11% à 17% entre les cas +20% et -20%) lorsque la masse des masques varie de +/-20 %. De plus, dans les deux cas pour les masques certifiés ASTM 1 et ASTM 2, les conclusions de l'étude ne changent pas (les masques réutilisables obtiennent des résultats plus faibles que les masques à usage unique), même pour les cas les plus défavorables (+20% de matériaux pour le réutilisable et -20% de matériaux pour le masque à usage unique), pour l'ensemble des indicateurs.

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 %.

3.5.5 Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour les masques à usage unique

Une certaine composition de masques a été choisie dans les cas de base des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique (voir section 2.2), mais d'autres compositions sont connues ou envisagées. Pour les masques réutilisables, les différences d'un modèle de masque à l'autre sont plus importantes (principalement à cause des enjeux de certification et de réutilisabilité) et devraient faire l'objet d'une étude propre pour être comparées.

Pour le masque de procédure à usage unique, 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 usage unique, 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.

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 3-9 : Analyse de sensibilité sur les matériaux utilisée pour le masque de procédure à usage unique comparé avec le masque en tissu réutilisable

Matériaux utilisés	Procédure à usage unique	Procédure avec barre en fer	Procédure avec 100% PP	Tissu réutilisable
Changement climatique	100%	74%	68%	2%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	86%	86%	2%
Utilisation des ressources minérales	50%	100%	39%	20%
Santé humaine	100%	72%	67%	13%
Qualité des écosystèmes	100%	73%	67%	8%

Pour une période de 8h : utilisation de 2 masques de procédure à usage unique et 1/100 masque en tissu réutilisable (voir Tableau 2-1)

L'utilisation de fer plutôt que d'aluminium pour la barre nasale tend à réduire les résultats obtenus (-14 % à -28 %) sur les indicateurs *Changement climatique*, *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*. En revanche, elle les augmente (+50 %) 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.

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 61 % plus faibles selon l'indicateur.

Aucun de ces changements ne permet d'atteindre les résultats du masque en tissu réutilisable.

Conclusion de cette analyse de sensibilité pour le masque de procédure : Les conclusions générales de l'étude (le masque à usage unique a des résultats plus élevés que le masque réutilisable) sont maintenues avec les variations de composition du masque de procédure à usage unique étudiée.

Le tableau suivant présente l'analyse de sensibilité sur les matériaux utilisés pour le masque N95 à usage unique. 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 les matériaux utilisée pour le masque N95 à usage unique comparé avec le masque N95 réutilisable

Matériaux utilisés	N95 à usage unique	N95 à usage unique boucles en polyester	N95 à usage unique sans agrafes	N95 réutilisable
Changement climatique	97%	100%	96%	24%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	99%	100%	98%	17%
Utilisation des ressources minérales	99%	100%	76%	32%
Santé humaine	98%	100%	96%	22%
Qualité des écosystèmes	98%	100%	96%	32%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir Tableau 2-1)

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

Le retrait des agrafes induit une réduction des résultats obtenus sur l'indicateur *Utilisation de ressources minérales* de 23 %. Pour les autres indicateurs, le retrait des agrafes influence très peu les résultats ($\leq 2\%$).

Aucun de ces changements ne permet d'atteindre les résultats du masque N95 réutilisable.

Conclusion de cette analyse de sensibilité pour le masque N95 à usage unique : Les conclusions générales de l'étude (le masque à usage unique a des résultats plus élevés que le masque réutilisable) sont maintenues avec les variations de composition du masque N95 à usage unique étudiées.

3.5.6 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, 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 km 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 3-11 : Analyse de sensibilité sur la provenance des matériaux utilisée pour le masque N95 à usage unique comparé avec le masque N95 réutilisable

Provenance	N95 à usage unique Chine	N95 à usage unique US	N95 à usage unique Ontario	N95 à usage unique Québec	N95 réutilisable
Changement climatique	100%	71%	68%	66%	26%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	98%	96%	100%	84%	17%
Utilisation des ressources minérales	100%	94%	96%	93%	33%
Santé humaine	100%	71%	69%	67%	23%
Qualité des écosystèmes	100%	69%	67%	70%	34%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir Tableau 2-1)

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), sauf pour l'utilisation d'énergie fossile et nucléaire : 16% de différence entre Québec et Ontario.

Les résultats pour l'Ontario, le Québec et les États-Unis, comparativement à ceux de la Chine, sont plus bas d'environ 30% pour les indicateurs *Changement climatique*, *Santé humaine* et *Qualité des écosystèmes*. Pour l'indicateur *Utilisation des ressources minérales*, et *Utilisation d'énergie fossile et nucléaire* les résultats sont peu différenciés (moins de 10%).

Aucune des provenances pour l'approvisionnement en masque N95 à usage unique ne permet d'atteindre les résultats du masque N95 réutilisable.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions de l'étude (le masque à usage unique a des résultats plus élevés que le masque réutilisable) sont maintenues. Dans le cas d'utilisation de N95 à usage unique, l'approvisionnement depuis le Québec, l'Ontario ou les États-Unis montre des résultats plus faibles que ceux de l'approvisionnement depuis la Chine.

3.5.7 Analyse de sensibilité sur la provenance de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique

Dans le cas de base, suivant les informations fournies par le fabricant, l'acide polylactique utilisé dans la fabrication des masques PLA/cellulose à usage unique vient de Chine.

Les analyses de contribution ont illustré que pour le masque PLA/cellulose à usage unique, pour tous les indicateurs, le plus grand contributeur aux résultats d'indicateurs est l'étape de production des matériaux, et dans cette étape de production des matériaux, l'acide polylactique joue un rôle prépondérant dans les résultats obtenus (notamment à travers la culture du maïs nécessaire). Par ailleurs, l'analyse de qualité a identifié que les données sur les matériaux, et l'origine de ces matériaux étaient incertaines.

En conséquence, cette analyse de sensibilité vise à évaluer la variabilité des résultats totaux lorsque l'acide polylactique provient d'une autre source géographique.

L'analyse compare le cas de base et le cas où l'acide polylactique proviendrait des États-Unis. Dans le cas où l'acide polylactique (PLA) viendrait des États-Unis, la production de la matière ainsi que la culture du maïs pour cette production sont faites aux États-Unis aussi.

Cette section présente les résultats obtenus pour les deux contextes géographiques de production de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique. 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.

Tableau 3-12 : Analyse de sensibilité sur la provenance de l'acide polylactique (PLA) pour le masque PLA/cellulose à usage unique

Provenance du PLA	Chine	États-Unis
Changement climatique	100%	84%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	90%
Utilisation des ressources minérales	100%	57%
Santé humaine	100%	41%
Qualité des écosystèmes	100%	51%

Le masque PLA/cellulose à usage unique avec de l'acide polylactique provenant des États-Unis obtient des résultats 10% à 59% plus faibles que le masque PLA/cellulose à usage

unique avec de l'acide polylactique provenant de Chine suivant les indicateurs. La différence est particulièrement marquée (43% à 59%) pour les indicateurs *utilisation des ressources minérales, santé humaine et qualité des écosystèmes*.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : La variabilité géographique de la provenance de l'acide polylactique (PLA) qui entre dans la composition du masque PLA/cellulose à usage unique influence particulièrement sur les résultats totaux nets sur le cycle de vie du masque.

3.5.8 Analyse de sensibilité sur les types de lavage du masque N95 réutilisable

Dans le cas de base, le masque N95 réutilisable est réutilisé 50 fois et doit être nettoyé entre chaque utilisation (après 8 heures de port). Pour le nettoyage, plusieurs techniques sont possibles et recommandées par le fabricant. Pour le cas de base, la solution étudiée est l'utilisation de savon et d'eau puis d'une stérilisation par autoclave. Les autres techniques de nettoyage possible sont :

- Utilisation de peroxyde d'hydrogène à 3%,
- Utilisation d'une solution de blanchiment au chlore à 10%
- Utilisation de lingettes Sani-Cloth
- Utilisation de lingettes CaviWipes

Cette analyse de sensibilité compare ces différentes techniques avec le cas de base et le masque N95 à usage unique. Les résultats 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 3-13 : Analyse de sensibilité sur le type de nettoyage utilisé pour le masque N95 réutilisable

Type de nettoyage	Savon + autoclave	Peroxyde d'hydrogène	Lingette Sani-Cloth	Lingette CaviWipes	Blanchiment au Chlore	N95 à usage unique
Changement climatique	25%	27%	34%	32%	24%	100%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	17%	24%	35%	32%	20%	100%
Utilisation des ressources minérales	32%	23%	55%	54%	23%	100%
Santé humaine	22%	22%	29%	28%	23%	100%
Qualité des écosystèmes	33%	26%	29%	27%	21%	100%

Pour une période de 8h : utilisation d'un masque N95 à usage unique et 1/50 masque N95 réutilisable (voir Tableau 2-1). Comprend toutes les étapes du cycle de vie, seule l'étape d'utilisation est modifiée pour le masque N95 réutilisable.

Le masque N95 à usage unique obtient des résultats plus élevés que le masque N95 réutilisable quelle que soit la méthode de nettoyage employée. Suivant la méthode de nettoyage employée, les résultats entre masques N95 réutilisable varient de 1% à 22%. L'utilisation de lingettes obtient des résultats plus élevés que les autres techniques pour tous les indicateurs (sauf la *qualité des écosystèmes*, où l'usage d'eau et savon puis stérilisation autoclave est plus élevé). Pour les indicateurs *changement climatique*, *utilisation d'énergie fossile et nucléaire* et *santé humaine*, l'usage d'eau et savon puis stérilisation autoclave obtient les résultats les plus faibles. Pour la *qualité des écosystèmes*, l'utilisation d'une solution de blanchiment au chlore à 10% obtient les résultats les plus faibles et pour l'indicateur *utilisation des ressources minérales*, l'utilisation d'une solution de peroxyde d'hydrogène à 3% obtient les résultats les plus faibles.

Conclusion de cette analyse de sensibilité : Les conclusions de l'étude sont maintenues (le masque N95 à usage unique a des résultats plus élevés que le masque N95 réutilisable), peu importe la technique de nettoyage employée sur le masque N95 réutilisable, pour tous les indicateurs.

3.5.9 Conclusions générales sur les analyses de sensibilité

Le classement entre les masques à usage unique et réutilisable et les différences relatives entre ces masques ne sont pas affectés par les variations investiguées sur les paramètres suivants :

- Choix d'indicateur (inclusion de l'indicateur *Écotoxicité de l'eau douce, long terme*)
- Choix de la méthode d'évaluation des impacts (ReCiPe)
- Quantités de matériaux (+/- 20 %)
- Techniques de lavage utilisées pour le masque N95 réutilisable
- Composition des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique
- Lieu de fabrication du masque N95 à usage unique

Le classement entre les masques à usage unique et réutilisable est remis en cause par les variations investiguées sur les paramètres suivants :

- Nombre d'utilisation du masque réutilisable et durée du port du masque à usage unique

3.6 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 types de masques, les deux masques sont comparés sur 1000 itérations. Le tableau suivant présente le récapitulatif des comparaisons. Le pourcentage inscrit pour chaque couple de masques représente la fraction des 1000 itérations indiquant le premier masque comme ayant le résultat d'indicateur le plus élevé.

Tableau 3-14 : Récapitulatif des analyses de Monte-Carlo pour les masques certifiés ASTM 1 et ASTM 2

Analyse Monte-Carlo	Procédure à usage unique > tissu réutilisable	N95 à usage unique > N95 réutilisable
Changement climatique	100%	100%
Utilisation d'énergie fossile et nucléaire	100%	100%
Utilisation de ressources minérales	100%	100%
Santé humaine	57%	56%
Qualité des écosystèmes	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 en 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 types de masques :

- Le masque réutilisable est préférable au masque à usage unique pour tous les indicateurs changement climatique, utilisation d'énergie fossile et nucléaire, utilisation de ressources minérales et qualité des écosystèmes ;
- Pour l'indicateur *santé humaine*, l'analyse ne permet pas de conclure qu'un masque est préférable à l'autre.

Conclusion de l'analyse d'incertitude : Les conclusions de l'étude restent semblables lorsque les analyses de Monte-Carlo sont réalisées, à l'exception de l'indicateur *Santé humaine*. En effet, pour ce dernier un certain nombre (44% à 46%) des itérations obtiennent des résultats défavorables pour le masque réutilisable.

3.7 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.
- Il faut souligner que lorsqu'aucune ressource minérale n'est directement utilisée par les processus de premier plan d'un système étudié, une grande partie des contributeurs au résultat de l'indicateur d'utilisation des ressources minérales est associée aux infrastructures (usines, infrastructures de transport ou d'énergie, machines...). Compte tenu des grandes incertitudes associées à leur modélisation, les résultats de l'indicateur d'utilisation des ressources minérales doivent être pris avec beaucoup de prudence.

Les principales limites spécifiques à cette étude sont :

- Le masque N95 à usage unique étudié est l'un des modèles de masques N95 à usage unique 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 à usage unique (souples par exemple) ;
- De même pour les masques en tissu réutilisable, N95 réutilisable et PLA/cellulose à usage unique. Les résultats présentés sont donc valables pour le modèle étudié uniquement et ne doivent pas être utilisés pour porter des conclusions sur

- d'autres masques en tissu réutilisable, N95 réutilisable ou PLA/cellulose à usage unique. Les données disponibles étaient pour ces masques en particulier ;
- Les traitements de fin de vie (enfouissement) 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 ;
 - Dans le cas des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique, 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 récente.

3.8 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 à usage unique ou d'un masque N95 à usage unique obtient des résultats plus élevés que ceux respectivement d'un masque en tissu réutilisable (60%- 98%) ou N95 réutilisable (67%- 83%), et ce sur l'ensemble des indicateurs étudiés. **L'utilisation des masques réutilisables est donc conseillée d'un point de vue environnemental.**
- Le nombre de réutilisations des masques réutilisables influence leurs résultats totaux nets sur le cycle de vie. Le masque N95 réutilisable génère des impacts environnementaux plus élevés que le masque N95 à usage unique lorsqu'il est utilisé moins de 8 à 9 fois (suivant les indicateurs). Le masque en tissu réutilisable obtient des résultats plus élevés pour certains indicateurs en dessous de 4 utilisations. **Pour limiter les impacts environnementaux des masques réutilisables, il est conseillé de les utiliser sur toute leur durée de vie indiquée par les fabricants.**
- Enfin, les résultats obtenus mettent en évidence que le traitement de fin de vie (enfouissement des masques) représente moins de 5 % des scores, pour l'ensemble des indicateurs et des masques (sauf pour le changement climatique dans le cas du masque PLA/cellulose à usage unique : 23%). Une étude spécifique sur la fin de vie des masques comparant le recyclage, l'incinération et l'enfouissement a été conduite en parallèle (RECYC-QUEBEC, 2022). Les autres étapes du cycle de vie des masques sont donc des facteurs primordiaux vis-à-vis de l'empreinte environnementale des masques. En particulier, la production des matériaux contenus dans les masques représente 57 %-93 % des résultats d'indicateurs obtenus pour les masques à usage unique et 5%- 86% pour les masques réutilisables. L'étape d'utilisation des masques réutilisables est aussi une

des plus contributrice (13%- 93%). **Une réflexion sur les matières premières (simplification de la composition, réduction de la quantité) et sur des techniques de nettoyage alternatives est donc également recommandée.**

4 Analyse économique

Le but de cette analyse est de présenter une comparaison sommaire des enjeux et leviers économiques associés à l'utilisation de masques à usage unique ou de masques réutilisables dans le contexte d'une utilisation institutionnelle au Québec en 2021. Le masque en PLA/cellulose n'est pas inclus dans cette section, car il n'est pas fonctionnellement équivalent aux autres masques étudiés et aucune donnée économique n'est disponible (le masque n'est pas encore sur le marché).

Plus spécifiquement, il s'agit :

- D'identifier les coûts directs et indirects que représentent les différents systèmes de protection ;
- D'évaluer les coûts totaux de possession pour l'utilisateur en fonction des options ;
- De recommander des pratiques d'acquisition et d'utilisation des masques, pour assurer une rentabilité économique des changements pour l'utilisateur.

4.1 Identification des coûts directs et indirects

Dans le cadre de la présente étude, il n'a pas été considéré comme pertinent de réaliser une analyse complète des coûts du cycle de vie des options comparées, en y incluant les externalités. L'objectif étant d'identifier les obstacles à la mise en place d'une solution plus environnementale pour la protection des utilisateurs (les institutions), il est proposé d'évaluer les coûts directs des modes de protection pour un utilisateur.

Les éléments listés au Tableau 4-1 ont été identifiés comme pouvant affecter les coûts associés à chacune des options de protection évaluées, et leur inclusion ou non (si négligeable). Dans la présente étude, seuls les coûts directs pour les utilisateurs ont été considérés dans l'analyse économique préliminaire qui suit.

Pour l'analyse environnementale des masques, le traitement en fin de vie retenu comme le plus probable ayant été l'enfouissement, l'analyse économique reflète donc cette hypothèse et seulement les coûts d'enfouissement sont traités. Néanmoins un deuxième scénario est disponible en cas de récupération des masques pour traitement subséquent, avec inclusion des coûts de récupération des masques auprès des institutions.

Tableau 4-1 : Coûts associés aux masques de protection

Étapes du cycle de vie	Coût pour l'utilisateur/société	Commentaire
Production, distribution	Achat des masques	Inclus
	Transport (livraison)	Exclu (considéré négligeable)
Utilisation (masques réutilisables)	Achat des équipements de nettoyage	Inclus
	Opération des équipements de nettoyage	Inclus
	Coût gestion du nettoyage	Inclus
	Espace de stockage des équipements de nettoyage	Exclu (<i>considéré négligeable</i>)
	Entretien des équipements de nettoyage	Exclu (<i>considéré négligeable</i>)
	Traitement d'eaux usées et production d'eau potable	Exclu (coût indirect à la société)
Fin de vie	Espace de stockage des déchets	Exclu (<i>considéré négligeable</i>)
	Collecte sélective des emballages	Exclu (<i>considéré négligeable</i>)
	Récupération des masques en fin de vie	Inclus dans scénario récupération
	Enfouissement	Inclus dans le scénario enfouissement

4.2 Coûts directs de l'utilisation des masques à usage unique et des masques réutilisables

Pour la modélisation des coûts d'opération des équipements de nettoyage, un tarif de base de 10,02 c/kWh a été considéré (Hydro-Québec, Internet). Il a été considéré que la machine autoclave pouvait accueillir 4 masques N95 réutilisable par cycle (volume machine autoclave / volume masque N95 réutilisable), et le four pouvait accueillir 37 masques en tissu réutilisables. De manière similaire à l'analyse environnementale, les masques réutilisables sont réutilisables jusqu'à 100 fois pour les masques en tissu réutilisable et 50 fois pour les masques N95 réutilisable, et les recommandations sur le port du masque sont de 4 heures pour le masque de procédure à usage unique et de 8 heures pour le masque N95 à usage unique. L'unité fonctionnelle se réfère au port d'un masque pendant 8 heures.

Les données sur les coûts des masques viennent des fabricants, ces coûts différents suivant les quantités commandées et les modèles à l'étude. Étant donné cette grande variabilité, pour chaque masque il est considéré deux prix d'achat : un prix d'achat pour de petites quantités (moins de 100 masques) et un prix d'achat pour de grandes quantités (plus de 10 000 masques).

Les caractéristiques des équipements de nettoyage qui ont été prises sont similaires à celles de l'évaluation environnementale :

- Four d'une puissance nominale de 1000 W et un temps de lavage de 30min à 200°F (équivalent à 0,0135 kWh/masque). Durée de vie de 5000 cycles (capacité 37 masques en tissu réutilisable par cycle).
- Machine à autoclave d'une puissance nominale de 2400 W et un temps de traitement de 5min (équivalent à 0,05 kWh/masque). Durée de vie de 10000 cycles (capacité 4 masques N95 réutilisables par cycle).
- Le temps nécessaire pour le nettoyage par masque est : 3,5 secondes pour le masque en tissu réutilisable (opération du four), et 20 secondes pour le masque N95 réutilisable (nettoyage au savon et opération de la machine autoclave). Ce temps est converti en coût par masque en multipliant le temps nécessaire par le salaire minimum légal au Québec.

Le coût de l'enfouissement est de 137 \$ / tonnes enfouies ([BAPE, 2022](#)). Dans le deuxième scénario, le coût de récupération des masques provient d'une moyenne de plusieurs récupérateurs qui acheminent les masques en fin de vie au recyclage.

Les totaux peuvent ne pas correspondre à la somme des montants intermédiaires en raison des arrondis.

4.3 Résultats de l'analyse des coûts – scénario d'enfouissement en fin de vie

Tableau 4-2 : Coûts directs pour l'utilisateur – Masques à usage unique ou masques réutilisables (cas enfouissement)

Élément	Coût d'achat	Quantité par unité fonctionnelle	Coût/UF (Petite quantité : 1-100 unités)	Coût/UF (grande quantité : 10000+ unités)	Répartition des coûts (Grande quantité)	Source
Masque de procédure						
Masque (-100 unités)	7,5 \$ / 50	2 masques	0,30 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	185\$ / 2000	2 masques	-	0,19 \$	99%	Fabricant de masques
Enfouissement	137 \$ / T	Masse masque : 3,19g Masse de l'emballage : 2,17g Masse par UF : 10,72g	0,0015 \$	0,001 \$	1%	MELCC
Total	-		0,30 \$	0,19 \$	100%	
Masque en tissu réutilisable						
Masque (-100 unités)	9,99 \$ à 27,50 \$	1/100 masque	0,19 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	7,99 \$ à 13,75 \$	1/100 masque	-	0,11 \$	83%	Fabricant de masques
Achat et installation de l'équipement de nettoyage	1 500 \$	5,4E-06	0,008 \$	0,01 \$	6%	Prix d'achat : Fabricant (internet). Installation : 200\$ par hypothèse
Électricité, coût de base (tarif G)	10,02 c/kWh	0,0135 kWh	0,001 \$	0,001 \$	1%	Hydro-Québec (Internet)
Gestion du nettoyage	13,5 \$/h	3,5 sec / UF	0,01 \$	0,01 \$	10%	Hypothèse / CNESST
Enfouissement	137 \$ / T	Masse masque : 8g Masse de l'emballage : 2,55g Masse par UF : 0,21g	0,00003 \$	0,00003 \$	0%	MELCC
Total	-		0,21 \$	0,13 \$	100%	
Masque N95						

Masque (-100 unités)	48 \$ / 50	1 masque	0,96 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	604,8 \$ / 1000	1 masque	-	0,60 \$	100%	Fabricant de masques
Enfouissement	137 \$ / T	Masse masque : 10,2g Masse de l'emballage : 7,6g Masse par UF : 17,8g	0,0024 \$	0,002 \$	0%	MELCC
Total	-		0,96 \$	0,61 \$	100%	
Masque N95 réutilisable						
Masque (-100 unités)	27 \$	1/50 masque	0,54 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	20 \$	1/50 masque	-	0,40 \$	71%	Fabricant de masques
Achat et installation de la machine autoclave	2 500 \$	2,5E-05	0,06 \$	0,06 \$	11%	Prix d'achat : Quirumed (internet). Installation : 500\$ par hypothèse
Électricité, coût de base (tarif G)	10,02 c/kWh	0,05 kWh	0,005 \$	0,01 \$	1%	Hydro-Québec (Internet)
Savon	8 \$/kg	3 g	0,02 \$	0,02 \$	4%	Costco (internet)
Gestion du nettoyage (personnel)	13,5 \$/h	20 sec / UF	0,08 \$	0,08 \$	13%	Hypothèse / CNESST
Enfouissement	137 \$ / T	Masse masque : 119g Masse de l'emballage : 38,25g Masse par UF : 3,15g	0,0004 \$	0,0004 \$	0%	MELCC
Total	-		0,71 \$	0,57 \$	100%	

Le principal avantage des masques à usage unique est qu'il ne nécessite aucun investissement pour leur utilisation, seulement l'achat des masques. A contrario, l'utilisation de masques réutilisables nécessite un apport pour l'achat des masques et des équipements de nettoyage.

Le principal coût associé à l'option jetable est sans surprise l'achat des masques. Du côté de l'option réutilisable, c'est l'achat de masque aussi qui contribue le plus (entre 71 % et 83 % des coûts selon le masque), l'achat des équipements de nettoyage et leur utilisation comptant pour 6 % à 11 %. Le coût de la gestion du nettoyage, c'est-à-dire du personnel responsable de nettoyer les masques (opérations des équipements, et lavage du masque à l'eau et savon pour le N95 réutilisable) n'est pas négligeable et correspond à entre 10% à 13 %. Dans le contexte québécois, l'utilisation des équipements de nettoyage (électricité) n'a pas d'influence marquée sur le coût des masques (moins de 1%). Les coûts liés à la fin de vie (enfouissement des masques) sont très faibles pour tous les masques (moins de 1 %).

Ainsi, entre le coût d'achat plus élevé à l'unité et les coûts d'opération, le coût des masques réutilisables est très sensible au nombre de réutilisation de ces masques. Ce coût d'achat peut évoluer suivant les modèles, des modèles plus onéreux sont disponibles sur le marché, mais n'ont pas été considérés ici.

L'achat en plus grande quantité est toujours avantageux, pour tous les masques, de 20 % à 38 %. Les coûts de nettoyage des masques réutilisables sont constants.

L'option des masques réutilisables engendre des coûts inférieurs aux masques à usage unique : en se basant sur l'étude préliminaire effectuée, un masque réutilisé 100 fois se traduit par des économies de 30% pour l'utilisateur pour les masques de type ASTM 1 et 26% pour 50 réutilisations des masques de type ASTM 2, si ces masques sont achetés en petite quantité. Pour des commandes de gros volumes (comme dans le cadre institutionnel à l'étude, de plus de 10 000 unités), le coût des masques de procédure à usage unique est 46% supérieur à celui des masques en tissu réutilisable (à condition que le masque en tissu réutilisable soit réutilisé 100 fois) et le masque N95 à usage unique a toujours un coût supérieur que le N95 réutilisable, mais que de 7 % (toujours à condition que le masque réutilisable soit réutilisé au maximum de sa capacité : 50 réutilisations).

Afin de déterminer les conditions assurant un coût équivalent pour l'utilisation de masque à usage unique et de masque réutilisable, une analyse en fonction du nombre de réutilisations avant le changement du masque a été réalisée (Figure 4-1).

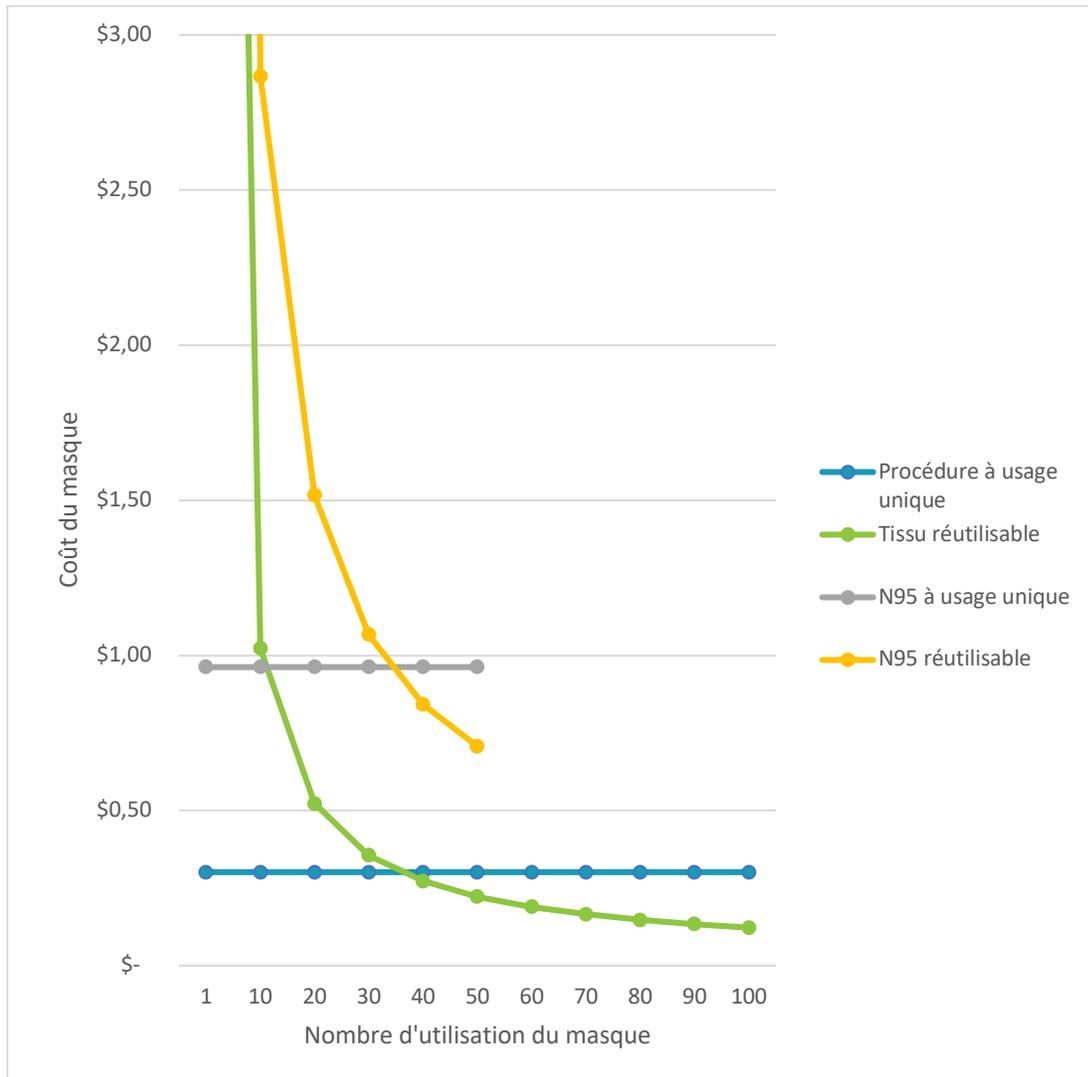


Figure 4-1 : Coûts directs des masques en fonction du nombre d'utilisations des masques (achat en petite quantité)

Cette analyse montre que les masques réutilisables coûtent à l'utilisateur moins cher que les masques à usage unique dès qu'ils sont réutilisés 34 fois pour les deux types de masques ASTM 1 et ASTM 2 lors d'achat en petite quantité. Pour des achats en grandes quantités ce chiffre passe à 41 et 46 utilisations respectivement pour les masques ASTM 1 et ASTM 2.

4.4 Résultats de l'analyse des coûts – scénario de récupération en fin de vie

Tableau 4-3 : Coûts directs pour l'utilisateur – Masques à usage unique ou masques réutilisables (cas récupération)

Élément	Coût d'achat	Quantité par unité fonctionnelle	Coût/UF (Petite quantité : 1-100 unités)	Coût/UF (grande quantité : 10000+ unités)	Répartition des coûts (Grande quantité)	Source
Masque de procédure						
Masque (-100 unités)	7,5 \$ / 50	2 masques	0,30 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	185\$ / 2000	2 masques	-	0,19 \$	65%	Fabricant de masques
Récupération des masques	120\$ / 1500 (petite quantité) 750\$ / 15000 (grande quantité)	2 masques	0,16 \$	0,10 \$	35%	Récupérateurs de masques
Total	-		0,46 \$	0,29 \$	100%	
Masque en tissu réutilisable						
Masque (-100 unités)	9,99 \$ à 27,50 \$	1/100 masque	0,19 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	7,99 \$ à 13,75\$	1/100 masque	-	0,11 \$	81%	Fabricant de masques
Achat et installation de l'équipement de nettoyage	1 500 \$	5,4E-06	0,008 \$	0,01 \$	6%	Prix d'achat : Fabricant (internet). Installation : 200\$ par hypothèse
Électricité, coût de base (tarif G)	10,02 c/kWh	0,0135 kWh	0,001 \$	0,001 \$	1%	Hydro-Québec (Internet)
Gestion du nettoyage	13,5 \$/h	3,5 sec / UF	0,01 \$	0,01 \$	10%	Hypothèse / CNESST
Récupération des masques	360\$ / 1500 (petite quantité) 2250\$ / 15000 (grande quantité)	1/50 masque	0,0048 \$	0,003 \$	2%	Récupérateurs de masques
Total	-		0,21 \$	0,13 \$	100%	
Masque N95						
Masque (-100 unités)	48 \$ / 50	1 masque	0,96 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	604,8 \$ / 1000	1 masque	-	0,60 \$	80%	Fabricant de masques

Récupération des masques	360\$ / 1500 (petite quantité) 2250\$ / 15000 (grande quantité)	1 masque	0,24 \$	0,15 \$	20%	Récupérateurs de masques
Total	-		1,20 \$	0,75 \$	100%	
Masque N95 réutilisable						
Masque (-100 unités)	27 \$	1/50 masque	0,54 \$	-	-	Fabricant de masques
Masque (10000+ unités)	20 \$	1/50 masque	-	0,40 \$	67%	Fabricant de masques
Achat et installation de la machine autoclave	2 500 \$	2,5E-05	0,06 \$	0,06 \$	10%	Prix d'achat : Quirumed (internet). Installation : 500\$ par hypothèse
Électricité, coût de base (tarif G)	10,02 c/kWh	0,05 kWh	0,005 \$	0,01 \$	1%	Hydro-Québec (Internet)
Savon	8 \$/kg	3 g	0,02 \$	0,02 \$	4%	Costco (internet)
Gestion du nettoyage (personnel)	13,5 \$/h	20 sec / UF	0,08 \$	0,08 \$	13%	Hypothèse / CNESST
Récupération des masques	360\$ / 150 (petite quantité) 2250\$ / 1500 (grande quantité)	1/50 masque	0,048 \$	0,03 \$	5%	Récupérateurs de masques
Total	-		0,75 \$	0,60 \$	100%	

Si le scénario en fin de vie est la récupération des masques pour être acheminé à des centres de recyclage, les coûts pour l'utilisateur des masques réutilisables changent peu (-6% de différence) avec le scénario d'enfouissement. Pour les masques à usage unique en revanche, les coûts augmentent de 53% pour les masques de procédure à usage unique et de 23% (grande quantité) pour les masques N95 à usage unique, les coûts de récupération représentant alors respectivement pour ces masques 35% et 20% des coûts.

4.5 Conclusion de l'analyse économique

L'analyse économique a permis de dégager de grandes tendances :

- Le coût des masques est toujours inférieur lors d'achat en grande quantité. Ce type de commande est donc recommandé ;
- Le coût des masques réutilisables est très sensible aux nombres de réutilisations qui en sont faites. Il faut maximiser ce nombre de réutilisations jusqu'aux limites de recommandations des fabricants ;
- Les masques réutilisables sont moins chers pour l'utilisateur s'ils sont réutilisés plus de 34 fois (avec une recommandation maximale de 100 réutilisations pour les masques en tissu réutilisable et 50 réutilisations pour les masques N95 réutilisable) s'ils sont achetés en petite quantité.
- Pour de grandes commandes (plus de 10000 unités), les prix des masques réutilisables sont 7% à 46% moins cher que ceux à usage unique (respectivement pour les N95 et les masques de procédure).
- Les coûts liés au nettoyage des masques réutilisables ne sont pas négligeables (17 % à 29 %).
- Le coût de récupération des masques est marginal dans le cas des masques réutilisables, mais impacte fortement les coûts des masques à usage unique de 20% à 35% pour respectivement les masques N95 et les masques de procédure.

Les coûts de récupérations des masques à usage unique présentent donc un surcoût important par rapport à leur enfouissement. Néanmoins cette récupération permet aux masques d'être triés et conditionnés pour être en partie recyclés, et le recyclage est l'option de fin de vie présentant les impacts environnementaux potentiels les plus faibles par rapport à d'autres traitements en fin de vie comme l'enfouissement (RECYC-QUEBEC, 2022).

Cette étude économique est limitée par le nombre de fournisseurs de masques et d'équipement restreints interrogés. Elle a plus pour vocation de proposer un cadre aux utilisateurs pour leur permettre de faire leur propre analyse dans le contexte d'utilisation et avec les fournisseurs et équipement à leur disposition, que de proposer une analyse exhaustive de la situation économique des masques au Québec.

5 Conclusions

Cette étude a évalué les profils environnementaux du masque de procédure à usage unique, du masque en tissu réutilisable, du masque N95 à usage unique, du masque N95 réutilisable et du masque PLA/cellulose à usage unique ; et la comparaison entre masques réutilisables et à usage unique pour les masques de certification ASTM 1 et ASTM 2, conformément au cadre méthodologique des normes ISO 14 040 et 14 044 (ISO, 2006a; ISO, 2006b). Les conclusions obtenues sont similaires pour les comparaisons un à un (usage unique *versus* réutilisable des masques certifiés ASTM 1 ou ASTM 2).

L'étude a permis de mettre en évidence que les impacts potentiels sur le cycle de vie d'un masque réutilisable sont plus faibles que ceux d'un masque à usage unique pour l'ensemble des indicateurs, et ce, lorsque le masque réutilisable est utilisé dès 8 fois pour le masque N95 réutilisable et dès 4 fois pour le masque en tissu réutilisable. **Pour les modèles de masques étudiés dans cette étude, l'utilisation de masques réutilisables est donc conseillée d'un point de vue environnemental. Cette étude ne peut pas être généralisée à l'ensemble des masques réutilisables et à usage unique sur le marché.**

Aucune conclusion sur le masque PLA/cellulose à usage unique n'est formulée. Ce masque ne peut pas être comparé aux autres masques, puisqu'il n'est pas (encore) certifié et que sa performance fonctionnelle ne peut donc pas être confirmée. Il n'était à l'étude qu'à titre informatif.

Ces recommandations permettront à RECYC-QUÉBEC de mieux cerner les pratiques à encourager concernant l'utilisation des masques à usage unique et des masques réutilisables, et fourniront 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 de certaines étapes du cycle de vie, en particulier de la production des matières premières, pour leur contribution à l'empreinte environnementale des masques à usage unique, ainsi que la production des matières premières et l'étape d'utilisation pour les masques réutilisables. **Une réflexion sur les matières premières (simplification de la composition, réduction de la quantité) et sur des techniques de nettoyage alternatives moins contributrices (utilisation de moins d'eau, d'agent nettoyant et d'énergie) est donc également recommandée.**

Une étude spécifique sur **la fin de vie** des masques a été réalisée en parallèle à ce projet et compare leur recyclage, incinération ou enfouissement (RECYC-QUEBEC, 2022).

L'analyse économique a permis de comparer les coûts directs pour l'utilisateur des masques à l'étude. Il en ressort principalement que le coût des masques réutilisables est très sensible aux nombres de réutilisations qui en sont faites. Les **masques réutilisables sont moins chers** à partir de **34 réutilisations lors d'achat en petite quantité** (moins de 100 masques), et **7% à 46%** moins cher lors d'achat en **grande quantité** (plus de 10000 masques) comparativement respectivement aux masques N95 à usage unique et de procédure à usage unique. Le coût des masques est toujours inférieur lors d'achat en

grande quantité. Outre l'achat, **les coûts de nettoyage pour les masques réutilisables** (représentant 17% à 29% du coût) **ou de récupération pour les masques à usage unique** (20% à 35% du coût) sont aussi des **contributeurs importants**.

6 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>
- AFNOR (2019). Norme NF EN 14683*AC. En ligne : <https://viewerbdc.afnor.org/html/display/MLJ99VV3I2U1>
- ASTM INTERNATIONAL (2021). ASTM F2100-21 : Standard specification for performance of materials used in medical face masks. En ligne : <https://www.astm.org/f2100-21.html>
- BAPE (2022). L'état des lieux et la gestion des résidus ultimes. Les faits saillants. *Rapport d'enquête et d'audience publique*. <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl?id=00000274036>
- BNQ (2020). BNQ 1922-900 : Masques destinés aux milieux de travail – fascicule d'attestation. En ligne : <https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/protection-et-surete/masques-destines-aux-milieux-de-travail.html>
- 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>
- CNESST (2021). Salaire minimum au Québec. En ligne : <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/conditions-travail/salaire-paye/salaire/salaire-minimum>
- DE BRUILLE (2014). Impact de l'utilisation des ressources minérales et métalliques dans un contexte cycle de vie : une approche fonctionnelle. Polytechnique Montréal, Montréal
- 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
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (2022). Port du masque ou du couvre-visage dans les lieux publics en contexte de pandémie de COVID-19. En ligne : <https://www.quebec.ca/sante/problemes-de-sante/a-z/coronavirus-2019/masque-ou-couvre-visage-covid-19/port-du-couvre-visage-dans-les-lieux-publics-covid-19#:~:text=Le%20port%20du%20masque%20ou%20du%20couvre%20visage%20couvrant%20le,de%2010%20ans%20et%20plus.>
- HUIJBREGTS ET AL., 2017. ReCiPe2016: a harmonized 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>
- HYDRO-QUÉBEC (2022). En ligne : <https://www.hydroquebec.com/affaires/espace-clients/tarifs/tarif-g-tarifification.html>
- 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
- INSPQ (2021-a). SRAS-CoV-2 : Mesures exceptionnelles pour les équipements de protection individuelle en situation de pénurie lors de pandémie. En ligne : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2957-mesures_exceptionnelles_equipements_protection_individuelle_v3.0_2021-03-30.pdf
- INSPQ (2021-b). COVID19 : Recommandations du masque de qualité en milieu de travail, hors milieux de soins. En ligne : <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/3079-avis-masque-medical-milieux-travail-covid19.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.
- ISO (2017). ISO 14044:2006/Amd.1:2017(E). Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. AMENDMENT 1. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO (2018). ISO 14067:2018(E). Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification. International Organization for Standardization, Geneva.
- 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.
- KRUEGER, M., KAUERTZ, B., DETZEL, A. (2009). Life cycle assessment of food packaging made of Ingeo biopolymer and [®]PET. *IFEU report, Heidelberg*.
- KOLSTAD, J., VINK, E., DE WILDE, B., DEBEER, L. (2012). Assessment of anaerobic degradation of Ingeo™ polylactides under accelerated landfill conditions. *Polymer degradation and Stability*, Volume 97, Issue 7, Pages 1131-1141, ISSN 0141-3910. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2012.04.003>.
- 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.
- 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>
- PLYSMEDICAL (2022). En ligne : <https://plysmedical.fr/wp-content/uploads/2019/07/st%C3%A9rilisateur-newmed-6-18-23-60-litres.pdf>
- RECYC-QUÉBEC (2018). Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec. En ligne : <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-complet.pdf>
- RECYC-QUEBEC (2022). Analyse de cycle de vie de masques à usage unique selon trois scénarios de fin de vie. En ligne : <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca>

- 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>
- USEPA (2020). Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM) - Version 15. Containers, Packaging, and Non-Durable Good Materials Chapters. Nov 2020. En ligne : https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-12/documents/warm_containers_packaging_and_non-durable_goods_materials_v15_10-29-2020.pdf
- VINK, E. T., DAVIES, S. (2015). Life cycle inventory and impact assessment data for 2014 Ingeo™ polylactide production. *Industrial Biotechnology*, 11(3), 167-180.
- WEIDEMA, B.P., SUHR WESNÆS, M. (1996). Data quality management for life cycle inventories – an example of using data quality indicators. *Journal of Cleaner Production* 4(3-4) p.167-174.

Annexe A – Méthodologie ACV

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

Annexe A : Méthodologie de l'Analyse du cycle de vie (ACV)

A.1	TERMES ET DÉFINITIONS	A-2
A.2	PHASE I DE L'ACV : DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP DE L'ÉTUDE	A-4
A.3	PHASE II DE L'ACV : ANALYSE DE L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE	A-5
A.3.1	<i>Description des catégories de données</i>	A-6
A.3.2	<i>Recueil des données</i>	A-8
A.3.3	<i>Validation des données</i>	A-8
A.3.4	<i>Mise en rapport des données avec le processus élémentaire</i>	A-9
A.3.5	<i>Mise en rapport des données avec l'unité fonctionnelle</i>	A-9
A.4	PHASE III DE L'ACV : ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE	A-10
A.4.1	<i>Sélection des catégories d'impacts et des modèles de caractérisation</i>	A-11
A.4.2	<i>Classification et caractérisation des résultats d'inventaire</i>	A-13
A.4.3	<i>Éléments optionnels</i>	A-14
A.5	PHASE IV DE L'ACV : INTERPRÉTATION	A-15
A.6	RÉFÉRENCES	A-16

La méthodologie ACV est régie par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), en particulier la série de normes ISO 14 040. Les sections suivantes présentent quelques termes et définitions, de même que les principaux aspects méthodologiques de chacune des quatre phases de l'ACV.

A.1 Termes et définitions

Analyse de sensibilité : procédure systématique pour estimer les effets sur les résultats d'une étude des choix concernant les méthodes et les données.

Analyse d'incertitude : procédure systématique permettant de rechercher, puis de quantifier, l'incertitude introduite dans les résultats d'un inventaire du cycle de vie par les effets cumulés de l'imprécision du modèle, de l'incertitude sur les intrants et de la variabilité des données.

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

Analyse du cycle de vie axée sur les attributs (ACV-A) : analyse visant à attribuer à un système de produits la juste part des impacts dont il est responsable.

Analyse du cycle de vie axée sur les conséquences (ACV-C) : analyse visant à évaluer les conséquences d'un système de produits (ou d'une décision affectant ce système) sur d'autres systèmes.

Catégorie d'impact : classe représentant les points environnementaux étudiés à laquelle les résultats de l'inventaire du cycle de vie peuvent être affectés.

Contrôle de cohérence : procédé, mis en œuvre avant d'arriver aux conclusions, permettant de vérifier que les hypothèses, les méthodes et les données sont appliquées de manière cohérente tout au long de l'étude, et conformément à la définition des objectifs et du champ de l'étude.

Contrôle de complétude : procédé permettant de vérifier si les informations des phases précédentes d'une analyse du cycle de vie suffisent pour arriver à des conclusions conformément à la définition des objectifs et du champ de l'étude.

Contrôle de sensibilité : procédé permettant de vérifier que les informations obtenues à partir d'une analyse de sensibilité sont pertinentes pour établir des conclusions et donner des recommandations.

Émissions : émissions dans l'air et rejets dans l'eau et le sol.

Entrant : voir « Intrant »

Évaluation des impacts du cycle de vie (ÉICV) : phase de l'analyse du cycle de vie destinée à comprendre et évaluer l'ampleur et l'importance des impacts potentiels d'un système de produits sur l'environnement au cours de son cycle de vie.

Extrant : flux de produit, de matière ou d'énergie sortant d'un processus élémentaire (NOTE Les produits et les matières comprennent des matières premières, des produits intermédiaires, des coproduits et des émissions).

Facteur de caractérisation : facteur établi à partir d'un modèle de caractérisation qui est utilisé pour convertir les résultats de l'inventaire du cycle de vie en unité commune d'indicateur de catégorie.

Flux de produits : produits entrant ou sortant d'un système de produits en direction d'un autre.

Flux de référence : mesure des extrants des processus, dans un système de produits donné, nécessaire pour remplir la fonction telle qu'elle est exprimée par l'unité fonctionnelle.

Flux élémentaire : matière ou énergie entrant dans le système étudié, qui a été puisée dans l'environnement sans transformation humaine préalable, ou matière ou énergie sortant du système étudié, qui est rejetée dans l'environnement sans transformation humaine ultérieure.

Flux énergétique : intrant ou extrant d'un processus élémentaire ou d'un système de produits, exprimé en unités d'énergie (NOTE Le flux énergétique entrant peut être appelé intrant, et le flux énergétique sortant, extrant).

Flux intermédiaire : flux de produit, de matière ou d'énergie intervenant entre des processus élémentaires du système de produits étudié.

Frontière du système : ensemble de critères qui spécifient quels processus élémentaires font partie d'un système de produits.

Indicateur de catégorie d'impact : représentation quantifiable d'une catégorie d'impact (NOTE L'expression condensée «indicateur de catégorie» est parfois utilisée).

Interprétation du cycle de vie : phase de l'analyse du cycle de vie au cours de laquelle les résultats de l'analyse de l'inventaire ou de l'évaluation de l'impact, ou des deux, sont évalués en relation avec les objectifs et le champ définis pour l'étude afin de dégager des conclusions et des recommandations.

Intrant : flux de produit, de matière ou d'énergie entrant dans un processus élémentaire (NOTE Les produits et les matières comprennent des matières premières, des produits intermédiaires et des coproduits).

Inventaire du cycle de vie (ICV) : phase de l'analyse du cycle de vie impliquant la compilation et la quantification des intrants et des extrants, pour un système de produits donné au cours de son cycle de vie.

Matière première : matière première ou secondaire utilisée pour réaliser un produit.

Processus élémentaire : plus petite partie prise en compte dans l'inventaire du cycle de vie pour laquelle les données d'entrée et de sortie sont quantifiées.

Processus : ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des intrants en extrants

Revue critique : processus destiné à s'assurer de la cohérence entre une analyse du cycle de vie et les principes et exigences spécifiés par les Normes internationales traitant de l'analyse du cycle de vie.

Sortant : voir « Extrait »

Système de produits : ensemble de processus élémentaires comportant des flux de produits et des flux élémentaires, remplissant une ou plusieurs fonctions définies, qui sert de modèle au cycle de vie d'un produit.

Unité fonctionnelle : performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie.

Vérification des résultats : élément de la phase d'interprétation du cycle de vie permettant d'établir la confiance dans les résultats de l'étude de l'analyse du cycle de vie (NOTE La vérification comprend le contrôle de complétude, de sensibilité, de cohérence et toute autre validation pouvant être requise conformément à la définition des objectifs et du champ de l'étude).

A.2 Phase I de l'ACV : Définition des objectifs et du champ de l'étude

La première phase de l'ACV, appelée définition des objectifs et du champ de l'étude, présente essentiellement la raison de l'étude et la façon dont celle-ci sera conduite afin d'atteindre cette fin (c.-à-d. le modèle d'étude définissant le cadre méthodologique auquel doivent se conformer les phases subséquentes de l'ACV).

L'application envisagée et le public cible doivent d'abord être clairement définis puisqu'ils vont fixer la profondeur et l'ampleur de l'étude.

Selon l'ISO, les ACV s'effectuent en mettant au point des modèles qui décrivent les éléments clés des systèmes physiques. Le système de produits¹ représente les activités humaines considérées dans l'étude et l'évaluation des impacts est basée sur des modèles (mécanismes environnementaux) qui lient les interventions environnementales de ces activités et leurs effets potentiels sur l'environnement.

L'ISO définit un **système de produits** comme un ensemble de processus élémentaires liés par des flux de matière et d'énergie qui remplissent une ou plusieurs fonctions. Dans ce sens, le sujet d'une ACV est caractérisé par ses fonctions et non seulement en termes de ses produits finaux. Ceci permet la comparaison de produits qui n'ont pas la même performance fonctionnelle par unité de produit (p. ex. une tasse de Styromousse à usage unique et une tasse en céramique qui est réutilisée plusieurs fois), puisque la quantification de la performance fonctionnelle, au moyen de l'**unité fonctionnelle**, fournit une référence à partir de laquelle sont mathématiquement normalisés les entrants et les sortants des systèmes comparés (p. ex. boire 2 tasses de café par jour durant un an). La spécification de l'unité fonctionnelle est le point de départ de la définition des frontières du système de produits puisqu'elle indique quels sont les processus élémentaires qui doivent être inclus pour remplir cette fonction. Plus la définition de l'unité fonctionnelle est précise, plus les frontières du système sont restrictives.

Un **processus élémentaire**, tel que défini par l'ISO, est la plus petite partie d'un système de produits pour laquelle sont recueillies des données (c.-à-d. il peut représenter un procédé chimique spécifique ou une usine complète incluant de nombreux sous-procédés). Un processus élémentaire est caractérisé par ses entrants et sortants, si le processus élémentaire représente plus d'un sous-procédé, leurs entrants et sortants sont alors agrégés ensemble.

Selon l'ISO, les processus élémentaires sont liés aux écosystèmes naturels (ou écosphère) par des **flux élémentaires** et aux systèmes économiques (ou technosphère, c.-à-d. la part de l'écosphère qui a été transformée par les activités humaines) par des **flux de produits** (Figure A-1). On distingue également les **flux de produits intermédiaires**, entre les processus du système de produits étudié. Ainsi, les flux élémentaires sont puisés directement de ou émis directement dans l'environnement et donc, contribuent aux catégories d'impacts, tandis que les flux de produits (matière, énergie ou service, incluant les coproduits, sous-produits et déchets) sont plutôt utilisés pour déterminer l'intensité des processus modélisés.

¹ Le terme « produits » utilisé seul peut comprendre non seulement des systèmes de produits mais aussi des systèmes de services.

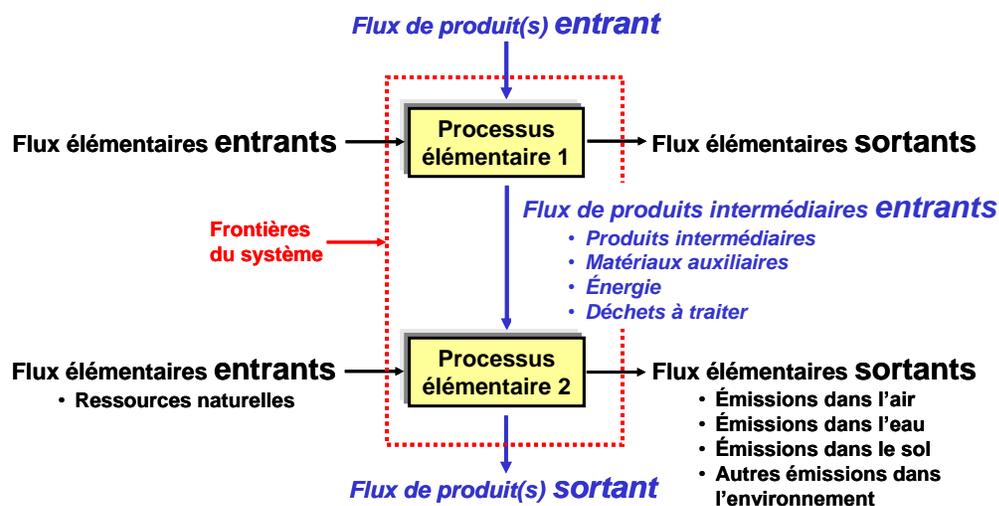


Figure A-1 : Frontières et processus élémentaires d'un système de produits.

L'utilisation d'un diagramme de procédés illustrant les processus élémentaires et leurs interrelations (flux de matières et d'énergie) permet le suivi des frontières du système de produits.

Selon l'ISO, dans l'idéal il convient de modéliser le système de produits de telle sorte que les entrants et les sortants à ses frontières soient des flux élémentaires. Dans de nombreux cas, il n'y a cependant ni assez de temps, ni assez de données, ni assez de ressources pour effectuer une étude aussi complète. Des décisions doivent être prises concernant les processus élémentaires et les flux élémentaires² qui doivent être initialement inclus dans l'étude. L'ISO stipule également qu'il n'est pas nécessaire de quantifier des entrants et des sortants qui ne changeront pas de façon significative les conclusions globales de l'étude, elle suggère aussi des critères pour l'inclusion des flux (p. ex. contribution au-dessus d'un certain seuil aux bilans de masse ou d'énergie ou pertinence environnementale).

La liste de tous les processus élémentaires et flux élémentaires à modéliser peut être corrigée avec l'acquisition de nouvelles informations, les décisions menant à ce raffinement des frontières du système devant être clairement présentées.

Une fois que la liste des processus élémentaires inclus dans le système de produits est complétée et afin de construire l'inventaire du système et de poursuivre avec l'évaluation des impacts potentiels, les données pertinentes concernant ces processus (c.-à-d. les entrants et les sortants) doivent être collectées. Cependant, avant de faire cette collecte, les exigences relatives à leur qualité (couverture temporelle, géographique et technologique, précision et complétude), leurs sources (spécifiques ou génériques), leur type (mesurées, calculées ou estimées), leur nature (déterministe ou probabiliste), et leur niveau d'agrégation doivent être déterminées afin de respecter les objectifs de l'étude.

A.3 Phase II de l'ACV : Analyse de l'inventaire du cycle de vie

La seconde phase de l'ACV, appelée l'analyse de l'inventaire du cycle de vie (AICV), est la quantification des flux élémentaires pertinents qui traversent les frontières du système de produits.

² Puisque les flux élémentaires quantifiés sont les données d'entrée de l'évaluation des impacts, le choix des impacts à évaluer va affecter le choix des flux élémentaires à suivre.

La procédure de calcul utilisée pour compléter l'inventaire est présentée à la Figure A-2.

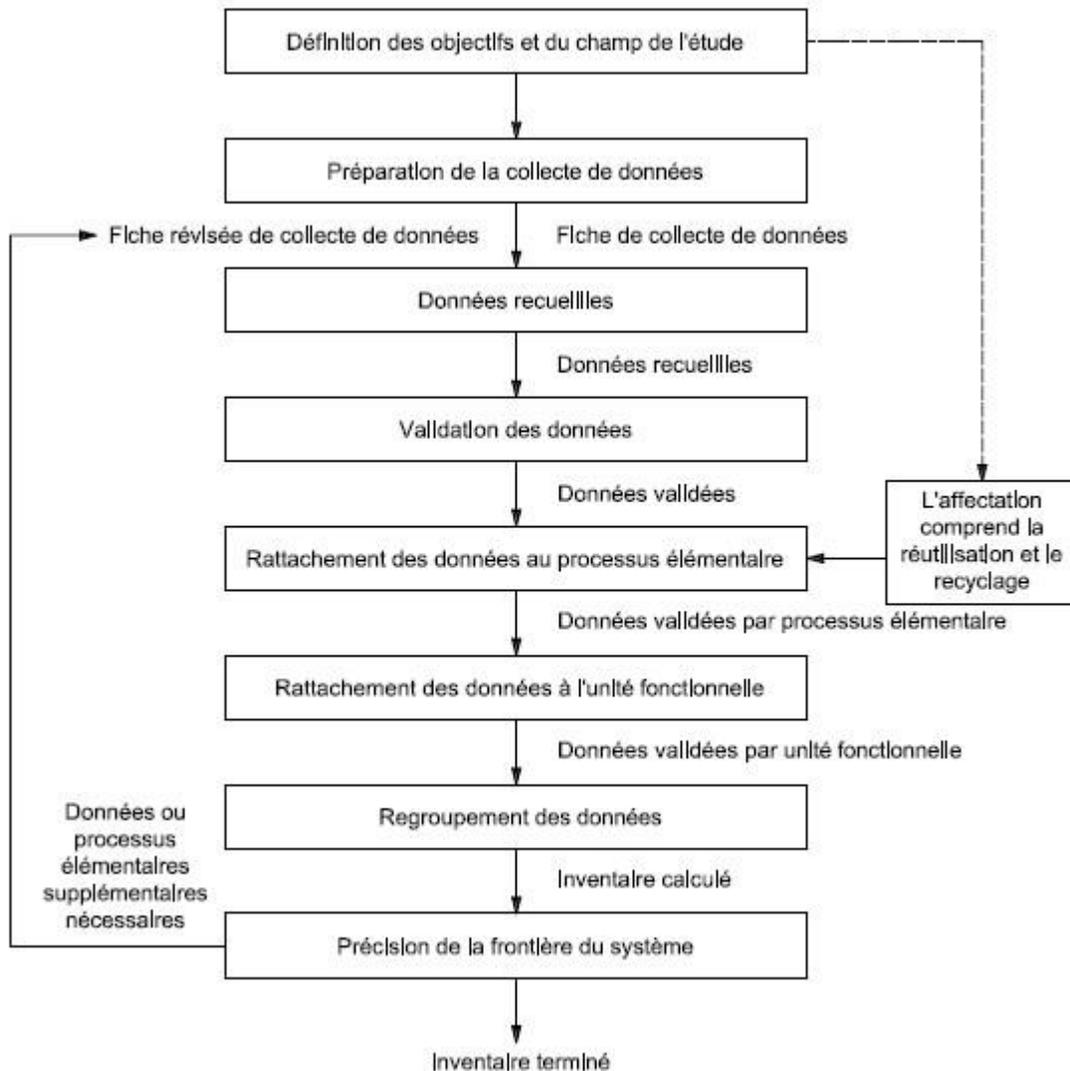


Figure A-2: Procédure de calcul de l'inventaire.

(tiré de ISO 14 044, 2006)

A.3.1 Description des catégories de données

Les données utilisées dans le cadre de l'AICV vie peuvent être classifiées selon leur source (spécifique ou générique), leur type (mesurées, calculées ou estimées), leur nature (déterministe ou probabiliste) et leur niveau d'agrégation.

A.3.1.1 Classification selon la source

Données spécifiques ou primaires

Les données spécifiques sont collectées à partir des installations associées aux processus élémentaires inclus dans les frontières du système. L'analyste responsable de leur collecte a un accès direct aux

données lors de leur collecte ou a un contrôle direct sur le processus de collecte (c.-à-d. la méthodologie employée). Autrement que pour caractériser les installations incluses dans l'étude, ce type de données n'est pas recommandé à cause de son manque de représentativité, à moins que 1) aucune autre source de données ne soit disponible ou 2) un nombre suffisant d'installations du même secteur industriel fournissent des données afin de calculer des moyennes industrielles représentatives (ces dernières peuvent ainsi devenir des données génériques pour d'autres études).

Données génériques ou secondaires

Les données génériques sont obtenues de sources publiées (c.-à-d. bases de données commerciales, littérature spécialisée). L'analyste n'a pas accès aux données lors de leur collecte. Ces données ne sont généralement pas accompagnées de métadonnées³ suffisantes pour obtenir de l'information sur la méthodologie de collecte et sur la variabilité des données.

A.3.1.2 Classification selon le type

Données mesurées

Les données mesurées proviennent d'installations réelles et sont issues d'un programme de surveillance continue (c.-à-d. monitoring) ou d'un programme d'échantillonnage ponctuel. Il est donc potentiellement possible d'obtenir des informations sur leur variabilité et leur distribution.

Données calculées

Les données calculées résultent de l'utilisation de modèles afin de représenter des procédés ou des phénomènes. Leur qualité dépend donc de la validité des modèles. Ces données peuvent être validées et/ou suppléées par des données mesurées.

Données estimées

Les données estimées incluent celles basées sur le jugement professionnel ou les règles du pouce. Elles ne sont utilisées que lorsqu'aucun autre type de données n'est disponible.

A.3.1.3 Classification selon la nature

Données déterministes

Les données déterministes sont représentées par des valeurs uniques (c.-à-d. mesure, résultat de calcul ou estimation) pour chacun des paramètres caractérisés (c.-à-d. flux). Il n'est donc pas possible de connaître la précision et la variabilité des valeurs rapportées.

Données probabilistes

Les données probabilistes sont représentées par des plages de valeurs ou des fonctions de distribution de probabilités (p. ex. triangulaire, normale, log-normale) pour chacun des paramètres caractérisés (c.-à-d. flux). Elles rendent ainsi compte de l'imprécision et de la variabilité de la valeur d'un paramètre et permettent éventuellement d'analyser, lors de la phase d'interprétation, l'incertitude des résultats obtenus lors des phases d'analyse de l'inventaire et d'évaluation des impacts.

³ Informations accompagnant la donnée d'inventaire et qui donne des renseignements à propos de la donnée (par ex. son origine, la méthodologie utilisée lors de sa collecte, les frontières du processus élémentaire décrit).

A.3.1.4 Classification selon le niveau d'agrégation

Le niveau d'agrégation des données fait référence au nombre de processus élémentaires qui sont représentés par une même donnée. Lorsque complètement désagrégées, les données décrivant une étape spécifique du cycle de vie ou un système de produits sont disponibles pour chaque processus individuel inclus dans l'étape ou le système. À l'inverse, ces mêmes données peuvent être complètement agrégées en une seule donnée, qui à elle seule décrit l'étape ou le système considéré (tous les flux élémentaires d'une même substance sont sommés en un seul flux). Il y a donc une perte d'information avec l'augmentation du niveau d'agrégation puisqu'il n'est plus possible de connaître la contribution individuelle de chacun des processus élémentaires agrégés. Il est parfois difficile d'établir le niveau d'agrégation (et la liste des processus agrégés) des données génériques disponibles dans les bases de données commerciales.

A.3.2 Recueil des données

Selon la complexité du système de produits étudié (c.-à-d. le nombre et la nature des processus élémentaires inclus dans ses frontières), la quantité de données qui doivent être recueillies est souvent considérable. Le recours à des bases de données d'inventaire commerciales facilite ce processus, en fournissant des données sur plusieurs processus élémentaires (p. ex. production de matériaux et d'énergie, transports). Ces bases de données sont majoritairement européennes et donc, ne sont pas vraiment représentatives du contexte canadien. Elles peuvent toutefois être adaptées à celui-ci si les données qu'elles contiennent sont suffisamment désagrégées et si les informations nécessaires pour le faire sont disponibles⁴. La méthodologie utilisée pour faire la collecte des données doit être clairement présentée.

A.3.3 Validation des données

Les données recueillies pour chaque processus élémentaire peuvent être validées en 1) les évaluant en relation avec les exigences déterminées durant la définition de l'objectif et du champ de l'étude quant à leur qualité, et 2) réalisant des bilans de masse ou d'énergie ou des analyses comparatives des facteurs d'émission. Si des anomalies évidentes sont identifiées, des données alternatives conformes aux exigences préalablement établies sont nécessaires.

La disponibilité et la qualité des données pertinentes (p. ex. lacunes dans les données, moyennes génériques au lieu de données spécifiques) vont limiter l'exactitude de l'ACV. Il y a présentement un manque de données d'inventaire spécifiques nord américaines, ce qui va affecter les résultats d'études faites au Canada.

⁴ Des données décrivant la production de certains matériaux en Europe peuvent faire référence à d'autres processus de production de matériaux (par ex. pour des produits intermédiaires ou auxiliaires) ou d'énergie ou des processus de transport. Les données décrivant ces autres processus élémentaires peuvent être remplacés avec des données décrivant les mêmes processus, si disponibles, provenant d'une source plus spécifique au contexte canadien ou nord américain, augmentant ainsi la représentativité géographique des données européennes.

L'absence d'un format de documentation unique⁵, pouvant parfois résulter en une très faible documentation accompagnant les données provenant des bases de données d'inventaire commerciales, peut aussi entraver la collecte et la validation des données en rendant difficile l'évaluation de leur qualité et leur capacité à satisfaire aux exigences établies.

Selon l'ISO, le traitement des données manquantes et des oublis entraîne en règle générale : une valeur de donnée « non zéro » qui est justifiée; une valeur de donnée « zéro » si elle se justifie; ou une valeur calculée sur la base des valeurs communiquées provenant des processus élémentaires faisant appel à une technologie similaire.

A.3.4 Mise en rapport des données avec le processus élémentaire

Une fois que les entrants et les sortants de chaque processus élémentaire ont été identifiés, ils sont quantifiés par rapport à un flux de référence déterminé pour chacun des processus (p. ex. 1 kg de matière ou 1 MJ d'énergie). L'ISO stipule que si un processus élémentaire a plus d'un produit (p. ex. une raffinerie pétrolière produit un mélange d'hydrocarbures pétroliers commerciaux) ou entrant (p. ex. un site d'enfouissement sanitaire reçoit des déchets municipaux qui sont un mélange de différents produits), ou s'il recycle des produits intermédiaires ou des déchets en matières premières, les flux de matières et d'énergie ainsi que les émissions dans l'environnement qui leur sont associés, doivent être imputés aux différents co-produits ou co-entrants selon des règles clairement présentées lors de la définition de l'objectif et du champ de l'étude. L'ISO suggère également une série de principes et de procédures afin réaliser cette imputation.

Les règles d'imputation prescrites par l'ISO sont données ci-après en ordre de priorité.

1. Il convient, dans la mesure du possible, d'éviter l'imputation en :
 - subdivisant les processus multifonctionnels en deux ou plusieurs sous-processus (lorsque certains sous-processus sont spécifiques à un seul des coproduits) ;
 - élargissant les frontières, de manière à inclure les fonctions de d'autres systèmes (potentiellement) substituées par les coproduits (et en attribuant au système étudié un crédit environnemental correspondant à l'impact évité des fonctions substituées).
2. Lorsque l'imputation ne peut être évitée, il convient de diviser les flux entrants et sortants des processus multifonctionnels entre les différents coproduits de manière à refléter des relations physiques sous-jacentes entre eux (p. ex. masse ou énergie).
3. Lorsqu'une relation physique ne peut être établie, il convient de répartir les flux entrants et sortants de manière à refléter d'autres relations entre eux (p. ex. la valeur économique des coproduits).

A.3.5 Mise en rapport des données avec l'unité fonctionnelle

Les entrants et les sortants de tous les processus élémentaires inclus dans le système de produits sont alors normalisés par rapport à l'unité fonctionnelle et agrégés. Selon l'ISO, le niveau d'agrégation doit

⁵ Un tel format permettrait un niveau de documentation suffisant et uniforme pour les données génériques provenant des bases de données d'inventaire commerciales. La norme ISO 14 048 (2002), traitant de cette question, est un pas dans la bonne direction.

être suffisant pour répondre aux objectifs de l'étude, et les catégories de données (c.-à-d. substances individuelles ou groupes de ressources naturelles ou d'émissions dans l'environnement) ne devraient être agrégées seulement si elles concernent des substances équivalentes et des impacts similaires sur l'environnement.

A.4 Phase III de l'ACV : Évaluation des impacts du cycle de vie

La troisième phase de l'ACV, appelée l'évaluation des impacts du cycle de vie (ÉICV), est l'interprétation des résultats de l'analyse de l'inventaire du cycle de vie du système de produits étudié afin d'en comprendre la signification environnementale.

L'analyse de l'inventaire permet la quantification des échanges entre le système de produits et l'environnement. Selon le champ d'étude, l'information obtenue sera plus ou moins importante (c.-à-d. des centaines de flux de ressources naturelles et d'émissions dans l'environnement peuvent être quantifiés) et son utilisation pratique peut s'avérer difficile. Durant la phase d'ÉICV, certains enjeux environnementaux, appelés catégories d'impacts, sont modélisés et des indicateurs de catégories sont utilisés pour condenser et expliquer les résultats de la phase d'inventaire.

Selon l'ISO, le cadre méthodologique de l'ÉICV présente des éléments obligatoires et des éléments optionnels (Figure A-3).

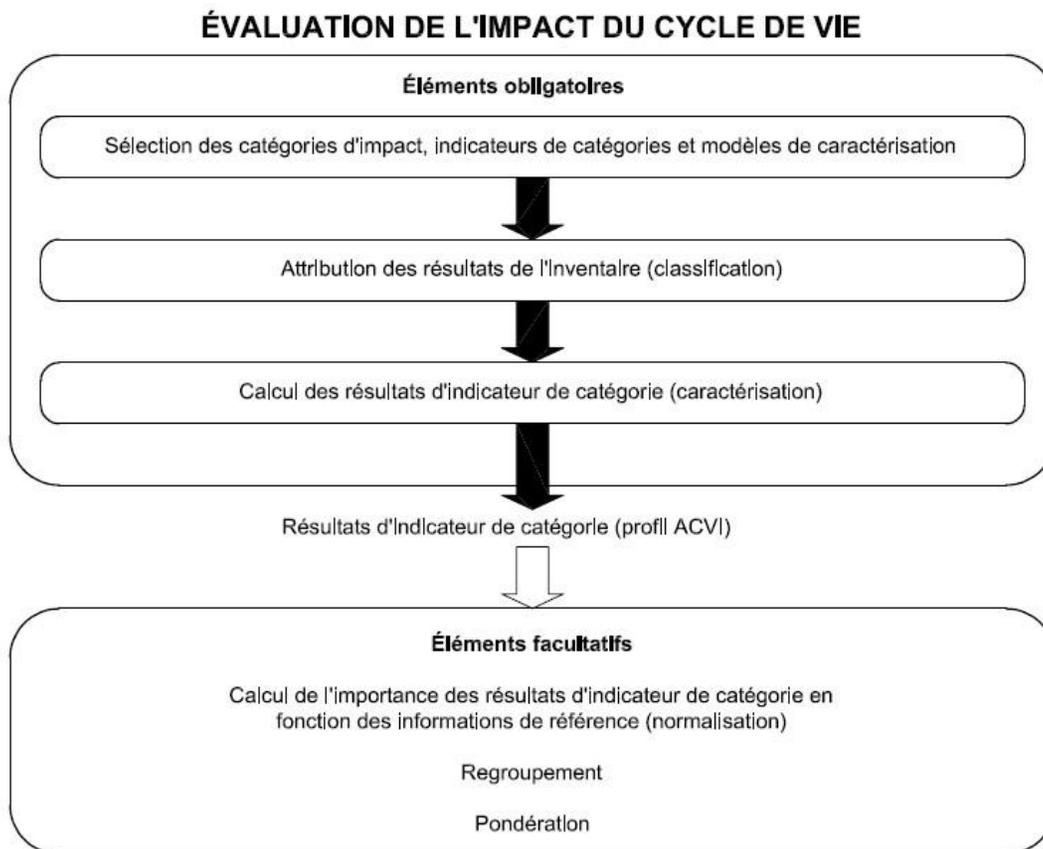


Figure A-3: Éléments de la phase d'ÉICV.
(Tiré de ISO 14 040, 2006)

A.4.1 Sélection des catégories d'impacts et des modèles de caractérisation

La première étape est la sélection de **catégories d'impacts** représentant les points environnementaux à problème considérés durant l'étude. Chaque catégorie est identifiée par un **impact final** (c.-à-d. un attribut ou aspect de l'environnement naturel, de la santé humaine ou des ressources naturelles). Un **mécanisme environnemental** (c.-à-d. chaîne de causalité) est alors établi pour relier les résultats d'inventaire aux impacts finaux et un **indicateur de catégorie** est choisi à un endroit quelconque du mécanisme pour agir comme une représentation quantifiable de la catégorie. Par exemple, la Figure A-4 illustre le mécanisme environnemental pour la catégorie d'impact « Réchauffement global ».



Figure A-4 : Mécanisme environnemental pour la catégorie d'impact « Réchauffement global ».

Un **modèle de caractérisation** est alors développé afin d'en tirer des **facteurs de caractérisation**, qui seront ensuite utilisés pour convertir les résultats d'inventaire pertinents en résultats d'indicateur de catégorie selon leur contribution relative à la catégorie d'impact. Par exemple, pour la catégorie « Réchauffement global », les facteurs de caractérisation représentent le potentiel de réchauffement global de chacun des gaz à effet de serre (en kg de CO₂-équivalents/kg de gaz) et peuvent être calculés à partir du modèle de l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Les résultats d'inventaire convertis en une unité commune peuvent alors être agrégés en un seul **résultat d'indicateur de catégorie** pour chaque catégorie d'impact. Un exemple des termes utilisés dans le cadre de l'ÉICV pour la catégorie « Réchauffement global » est présenté au Tableau A-1.

Tableau A-1 : Exemple des termes utilisés dans le cadre de l'ÉICV

Terme	Exemple	Unité
Catégorie d'impact	Réchauffement global	--
Résultats de l'inventaire	Quantité de gaz à effet de serre (GES) par unité fonctionnelle	kg de gaz
Modèle de caractérisation	Modèle de base sur 100 ans élaboré par l' <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (IPCC)	--
Indicateur de catégorie	Forçage radiatif infrarouge	W/m ²
Facteurs de caractérisation	Potentiel de réchauffement global (GWP ₁₀₀) pour chaque GES	kg d'équivalents CO ₂ / kg de gaz
Résultat d'indicateur de catégorie	Somme des résultats d'inventaire caractérisés (c.-à-d. multipliés par leur facteur de caractérisation respectif)	kg d'équivalents CO ₂ / unité fonctionnelle
Impacts finaux par catégorie	Maladies, extinction d'espèces, etc.	--
Pertinence environnementale	Le forçage radiatif infrarouge est une donnée indirecte pour des effets potentiels sur le climat, dépendant de l'absorption de chaleur atmosphérique intégrée engendrée par les émissions de la répartition dans le temps de l'absorption de chaleur.	--

(adapté de ISO 14 044, 2006)

Selon l'ISO, il convient que :

- Les catégories d'impacts, les indicateurs de catégorie et les modèles de caractérisation soient acceptés à l'échelle internationale, c'est-à-dire qu'ils soient basés sur un accord international ou approuvés par un organisme international compétent ;
- Le choix des catégories d'impacts reflète un ensemble complet de points environnementaux en rapport avec le système de produits étudié, tout en tenant compte de l'objectif et du champ de l'étude ;
- Le modèle de caractérisation pour chaque indicateur de catégorie soit scientifiquement et techniquement valable, et fondé sur un mécanisme environnemental distinct, identifiable et/ou une observation empirique reproductible ;
- Les choix de valeurs et les hypothèses faites lors du choix des catégories d'impacts, des indicateurs de catégorie et des modèles de caractérisation soient minimisés.

Les catégories d'impacts souvent considérées en ACV sont les suivantes :

- Réchauffement global
- Appauvrissement de la couche d'ozone
- Acidification
- Eutrophisation
- Smog photochimique

- Toxicité humaine
- Écotoxicité
- Utilisation des ressources abiotiques
- Utilisation des terres
- Utilisation de l'eau

Cependant, puisqu'il n'y a pas encore une seule méthode ÉICV qui est généralement acceptée, il n'existe pas une liste de catégories d'impacts unique, généralement reconnue et utilisée (Udo de Haes *et al.*, 2002). Couramment, un compromis doit être atteint entre les applications envisagées des résultats et l'applicabilité et la praticabilité du choix des catégories et des modèles associés.

Comme pour les banques de données d'inventaire, la plupart des méthodes ÉICV sont européennes et introduisent un biais lorsque le contexte canadien est considéré. Ceci est particulièrement important pour les catégories d'impacts régionales (smog photochimique, eutrophisation, acidification) et locales (toxicité humaine, écotoxicité, utilisation des terres). Ces catégories étant en effet influencées par les conditions environnementales du milieu récepteur, les modèles de caractérisation utilisés devraient normalement prendre en compte ces caractéristiques⁶. Pour ces catégories d'impacts, le CIRAI a développé une méthode ÉICV canadienne, LUCAS (Toffoletto *et al.*, 2007), basée sur la méthode américaine TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts*) (Bare *et al.*, 2003). Cette méthode a l'avantage d'utiliser des modèles de caractérisation adaptés au contexte nord-américain.

Il est par ailleurs à noter que la méthode IMPACT 2002+ (Jolliet *et al.*, 2003) propose des facteurs de caractérisation de la toxicité humaine pour chaque continent. Et, comme présenté par Rochat *et al.* (2006), bien que les substances émises dans différents continents soient associées à des impacts pouvant différer jusqu'à deux ordres de grandeurs, l'impact relatif (c.-à-d. le « *ranking* ») des substances demeure le même pour la plupart. Les auteurs concluent donc que :

- Des facteurs de caractérisation génériques calculés à l'échelle d'un continent, tels que proposés par la plupart des méthodes ÉICV, sont normalement valables, sur une base comparative, pour d'autres continents ;
- Des facteurs de caractérisation spécifiques aux milieux récepteurs doivent être utilisés lorsque l'étude s'intéresse aux résultats absolus ou lorsque la comparaison vise des scénarios impliquant des émissions dans des milieux récepteurs très différents.

A.4.2 Classification et caractérisation des résultats d'inventaire

Une fois que les catégories d'impacts ont été sélectionnées, les flux élémentaires inventoriés sont affectés (c.-à-d. classés) à ces catégories selon leurs effets prédits. Certains peuvent être exclusivement affectés à une seule catégorie alors que d'autres peuvent être affectés à plus d'une catégorie lorsque sont considérés des mécanismes d'effets parallèles ou en série.

Les résultats d'inventaire affectés sont ensuite convertis grâce aux facteurs de caractérisation appropriés et aux unités communes des indicateurs de catégorie, et les résultats convertis pour chaque catégorie

⁶ Les modèles de caractérisation utilisés pour les impacts ayant des répercussions à l'échelle globale (c.-à-d. le réchauffement global, l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'utilisation des ressources abiotiques et de l'eau) sont les mêmes quel que soit le lieu d'émission ou d'extraction des ressources.

sont agrégés pour obtenir un résultat d'indicateur sous forme numérique. L'ensemble des résultats d'indicateur forme le **profil d'ÉICV**.

Concernant ce profil, deux éléments doivent être spécialement notés :

1. L'amplitude calculée des impacts considérés ne représente qu'une potentialité puisqu'elle est basée sur des modèles décrivant les mécanismes environnementaux et donc une simplification de la réalité⁷.
2. Les substances non définies (c.-à-d. celles qui n'ont pas de facteur de caractérisation dû à un manque d'information, comme les données (éco)toxicologiques par exemple) qui ne sont pas incluses dans les calculs augmentent l'incertitude des résultats.

A.4.3 Éléments optionnels

Selon l'ISO, l'objectif du calcul de l'amplitude des résultats d'indicateur de catégorie par rapport à une information de référence (c.-à-d. **normalisation**) est de mieux comprendre l'amplitude relative de chaque résultat d'indicateur du système de produits étudié. L'information de référence peut être :

1. les émissions ou utilisations de ressources totales pour une zone géographique donnée qui peut être mondiale, régionale, nationale ou locale;
2. les émissions ou utilisation de ressources totales pour une zone donnée (mondiale, régionale ou locale) par habitant ou mesure similaire;
3. un scénario de référence, tel un autre système de produits donné.

Cette étape optionnelle peut s'avérer utile pour un contrôle de cohérence par exemple. Elle présente également l'avantage de convertir tous les résultats d'indicateur de catégorie dans une même unité (p. ex. équivalent personne), un pré requis pour les éléments optionnels suivants.

Selon l'ISO :

1. le **groupement** consiste à affecter les catégories d'impacts en une ou plusieurs séries telles que prédéfinies dans la définition de l'objectif et du champ de l'étude, et il peut impliquer un tri sur une base nominale (p. ex. par caractéristiques telles que les émissions et ressources ou échelles spatiales mondiales, régionales et locales) et/ou un classement par rapport à une hiérarchie donnée (p. ex. priorité élevée, moyenne et basse);
2. la **pondération** est le processus de conversion des résultats d'indicateur des différentes catégories d'impacts en utilisant des facteurs numériques. Elle peut inclure l'agrégation de résultats d'indicateurs pondérés en un score unique.

Ces éléments optionnels impliquent des choix de valeurs et ainsi, différents individus, organismes et sociétés peuvent avoir des préférences différentes et peuvent, par conséquent, obtenir des résultats de groupement et de pondération différents à partir des mêmes résultats d'indicateurs caractérisés.

La méthodologie (c.-à-d. sélection des catégories d'impacts, des indicateurs de catégories, des modèles de caractérisation et des éléments optionnels) utilisée pour réaliser l'évaluation des impacts potentiels doit être clairement présentée durant la définition de l'objectif et du champ de l'étude.

⁷ La divergence entre les prédictions des modèles et la réalité est accrue pour la plupart du fait qu'ils sont basés sur le contexte européen. Ceci est particulièrement important pour les impacts régionaux et locaux tels l'acidification et l'écotoxicité.

A.5 Phase IV de l'ACV : Interprétation

Les objectifs de la quatrième phase de l'ACV, appelée interprétation, sont d'analyser les résultats, d'établir des conclusions, d'expliquer les limites et de fournir des recommandations en se basant sur les résultats des phases précédentes de l'étude et de rapporter les résultats de l'interprétation du cycle de vie de manière transparente de façon à respecter les exigences de l'application telles que décrites dans l'objectif et le champ de l'étude.

Idéalement, l'interprétation se fait de façon interactive avec les trois autres phases de l'ACV, avec les phases de définition de l'objectif et du champ de l'étude et d'interprétation du cycle de vie formant le cadre de l'étude et les phases d'analyse de l'inventaire et d'évaluation des impacts fournissant les informations relatives au système de produits.

Selon l'ISO, l'interprétation du cycle de vie comporte trois éléments :

1. l'identification des points significatifs à partir des résultats des phases d'analyse de l'inventaire et d'évaluation des impacts en liaison avec les objectifs et le champ de l'étude;
2. la vérification, qui prend en compte les contrôles de complétude, de sensibilité et de cohérence;
3. les conclusions, les recommandations et la rédaction d'un rapport.

La vérification a pour objectifs d'établir et de renforcer la confiance dans les résultats de l'étude, ainsi que leur fiabilité. Le **contrôle de complétude** a pour objectif de garantir que toutes les informations et données pertinentes nécessaires à l'interprétation sont disponibles et complètes. Le **contrôle de sensibilité** a pour objectif de vérifier la fiabilité des résultats et des conclusions en déterminant s'ils sont affectés par des incertitudes dans les données et les divers choix méthodologiques (p. ex. les critères d'inclusion, les méthodes d'imputation ou les indicateurs de catégorie). Le **contrôle de cohérence** a pour objectif de déterminer si les hypothèses, les méthodes et les données sont cohérentes avec l'objectif et le champ de l'étude et si elles ont été appliquées de façon constante durant toute l'étude, et dans le cas d'une comparaison entre diverses alternatives, aux systèmes de produits comparés.

L'interprétation des résultats est également entravée par la nature déterministe des données d'inventaire et d'évaluation des impacts généralement disponibles, puisque celle-ci empêche l'analyse statistique et quantitative de l'incertitude des résultats associée à l'utilisation de telles données. Ceci affecte le niveau de confiance que l'on peut avoir en ces résultats déterministes; les conclusions et recommandation qui en seront tirées pourraient manquer de nuance, voire être erronées, du fait qu'il est impossible de quantifier la variabilité de ces résultats ou de déterminer s'il y a une différence significative d'impacts entre deux alternatives. La méthodologie (c.-à-d. les types de contrôles) qui sera utilisée pour conduire l'interprétation des résultats doit être clairement présentée durant la définition de l'objectif et du champ de l'étude.

A.6 Références

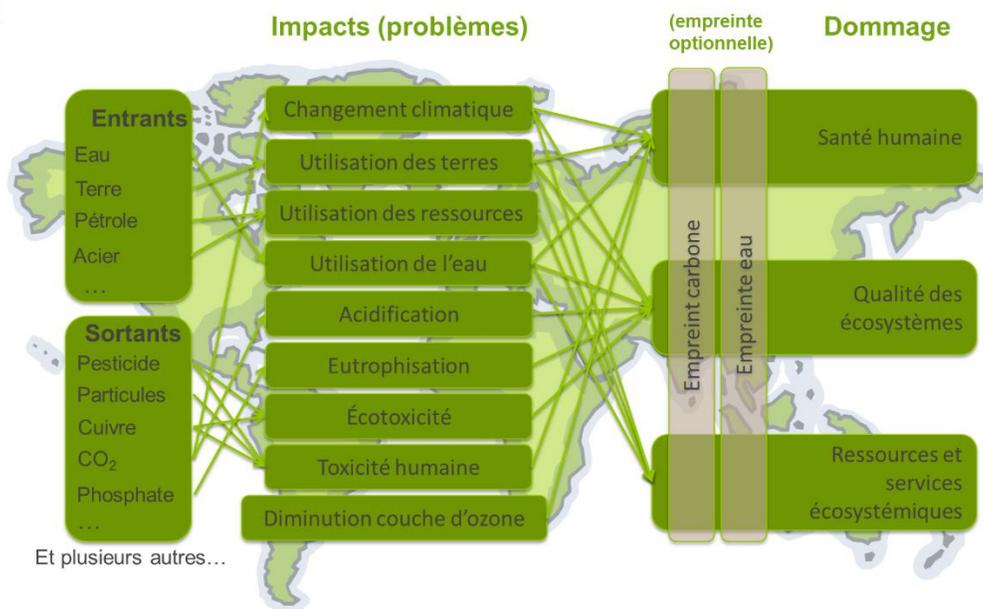
- BARE, J., NORRIS, G.B., PENNINGTON, D.W., MCKONE, T. (2003). TRACI – The tool for the Reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology*, 6(3-4), pp. 49-78.
- ISO 14 040 (2006). « Management environnemental – Analyse du cycle de vie - Principes et cadre », Organisation internationale de normalisation, 24 p.
- ISO 14 044 (2006). Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Interprétation du cycle de vie, Organisation internationale de normalisation, 19 p.
- ISO 14 048 (2002). « Management environnemental -- Analyse du cycle de vie -- Format de documentation de données », Organisation internationale de normalisation, 45 p.
- Jolliet, O., MARGNI, M., CHARLES, R., HUMBERT, S., PAYET, J., REBITZER, G., ROSENBAUM, R. (2003). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology, *International Journal of Life Cycle Assessment* 8(6), pp. 324-330.
- ROCHAT, D., MARGNI, M., *et al.* (2006). Continent-specific intake fractions and characterization factors for toxic emissions: Does it make a difference? *International Journal of Life Cycle Assessment* 11 pp. 55-63.
- TOFFOLETTO, L., BULLE, C., GODIN, J., REID, C. et DESCHÊNES, L. (2007). LUCAS - A new LCIA Method Used for a Canadian-Specific Context. *International Journal of LCA*, 12(2), pp. 93-102.
- UDO DE HAES, H., JOLLIET, O., FINNVEDEN, G., HAUSCHILD, M., KREWITT, W., MÜLLER-WENK, R. (1999). “Best Available Practice Regarding Impact Categories and Category Indicators in Life Cycle Impact Assessment – Part II” Background document for the Second Working Group on Life Cycle Impact Assessment of SETAC-Europe, *International Journal of LCA*, 4 (3), pp. 167-174.
- UDO DE HAES, H., JOLLIET, O., FINNVEDEN, G., GOEDKOOP, M., HAUSCHILD, M., HERTWICH, E., HOFSTETTER, P., KLÖPFFER, W., KREWITT, W., LINDEIJER, E., MUELLER-WENK, R., OLSON, S., PENNINGTON, D., POTTING, J. et STEEN, B. (2002). “Life Cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice” Published by the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola, FL, USA. 272 p.

Annexe B – Description de la méthode IMPACT World+

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

Annexe B – Description de la méthode IMPACT World +

Les impacts environnementaux potentiels du cycle de vie ont été évalués à l'aide de la méthode d'évaluation des impacts IMPACT World+ (Bulle et al., 2019)¹. IMPACT World+ permet d'effectuer une évaluation des impacts potentiels au niveau « problème » et au niveau « dommage » (voir Figure suivante).



Catégories de dommage et catégories d'impacts de la méthode IMPACT World+.

(Adapté de Bulle et al., 2019).

L'évaluation au niveau « problème » ne modélise pas tous les mécanismes environnementaux liant une émission à une aire de protection telle que la santé humaine ou la qualité des écosystèmes (c.-à-d. une modélisation des impacts dommages). Toutefois, une évaluation problème représente théoriquement un compromis entre la pertinence environnementale d'un impact donné et l'incertitude inhérente à la modélisation environnementale. Toutefois, les impacts problèmes, en raison de leur plus grand nombre, complexifient l'interprétation des résultats.

L'évaluation au niveau « dommage » modélise tous les mécanismes environnementaux liant une émission à une aire de protection telle que la santé humaine ou la qualité des écosystèmes (c.-à-d. une modélisation des impacts dommages). Bien qu'une telle évaluation réside au sommet de la pertinence environnementale, l'incertitude inhérente à la modélisation est toutefois plus élevée qu'au niveau problèmes. Les indicateurs de dommages étant moins nombreux, ils facilitent cependant 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

¹ Pour plus de détails, voir aussi www.impactworldplus.org/en/presentation.php

impacts finaux ou le risque sur les milieux récepteurs et le dépassement des normes ou marges de sécurité.

- Ces catégories ne couvrent pas l'éventail des impacts environnementaux possibles associés aux activités humaines. Plusieurs types d'impacts, dont le bruit, les odeurs, les tremblements de terre et les champs électromagnétiques ne sont pas inclus dans la méthode.

IMPACT World + considère 18 catégories d'impact qui peuvent se résumer ainsi :

- 1) **Substances cancérigènes (Rosenbaum et coll., 2008)** : Le modèle USEtox est utilisé pour déterminer l'impact toxique des substances cancérigènes. Le modèle considère toutes les voies d'exposition de contaminants à l'humain : l'ingestion, la respiration, le contact, l'ingestion d'eau et de poissons.
- 2) **Substances cancérigènes, résidus de pesticides (Fantke et coll., 2011)** : Cette catégorie d'impact évalue l'impact potentiel des pesticides via diverses voies d'exposition de contamination à l'humain. Le modèle USEtox a été utilisé pour évaluer ces effets.
- 3) **Substances non cancérigènes (Rosenbaum et coll., 2008)** : Le modèle USEtox est utilisé pour déterminer l'impact toxique des substances non cancérigènes. Le modèle considère toutes les voies d'exposition de contaminants à l'humain : l'ingestion, la respiration, le contact, l'ingestion d'eau et de poissons.
- 4) **Effets respiratoires (Humbert, 2011)** : les effets respiratoires sont causés par les particules fines (ayant un diamètre de moins de 10 µm) et liés aux impacts à la santé humaine lorsque celles-ci sont inhalées.
- 5) **Radiations ionisantes (Frischknecht et coll, 2000)** : évalue les conséquences des émissions routinières de substances radioactives.
- 6) **Destruction de la couche d'ozone (Goedkoop, 2009)** : les émissions anthropogéniques de substances destructrices de la couche d'ozone interagissent avec la couche d'ozone. Elles brisent les molécules d'ozone en molécule d'oxygène. Il en résulte une augmentation des rayons ultra-violet qui atteignent la surface de la Terre, ce qui augmente le risque de cancer de la peau et des cataractes. Il peut également causer un vieillissement prématuré et un affaiblissement du système immunitaire.
- 7) **Changement climatique (GIEC, 2007)** : les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines absorbent les radiations infrarouges émises par la surface terrestre, maintenant l'énergie thermique dans la basse atmosphère. L'augmentation des gaz à effet de serre lors du siècle dernier a eu pour effet d'augmenter la température moyenne de l'atmosphère et des océans.
- 8) **Consommation de l'eau (Boulay et coll., 2011)** : cette catégorie d'impact évalue le manque (s'il y a lieu) de ressources en eau pour répondre aux exigences de consommation d'eau dans une région.
- 9) **Smog (oxydation photochimique) (Goedkoop, 2009)** : cette catégorie est associée aux impacts de l'ozone et d'autres composés d'oxygène formé suite à l'oxydation de composés organiques volatils (VOC) en présence d'oxyde nitreux (NO_x) sous l'influence de la lumière. L'ozone dans la troposphère s'avère un risque pour la santé humaine puisqu'elle peut endommager les poumons.

- 10) **Acidification terrestre (Roy et coll., 2014)** : Les émissions de substances acidifiantes anthropogéniques sont transportées dans l'atmosphère avant de se déposer sur les milieux terrestres, ce qui a pour effet de diminuer le pH des sols et cause des impacts sur la faune et la flore.
- 11) **Acidification aquatique (Roy et coll., 2013)** : Les émissions de substances acidifiantes anthropogéniques sont transportées dans l'atmosphère avant de se déposer sur les milieux terrestres et les milieux aquatiques. Les substances déposées sur les milieux terrestres migrent vers les milieux aquatiques. Les substances acidifiantes dans les milieux aquatiques ont pour effet d'en diminuer le pH, ce qui cause des impacts sur les poissons.
- 12) **Écotoxicité aquatique à long terme (Rosenbaum et coll., 2008)** : Les polluants émis dans l'environnement et se retrouvant dans l'eau peuvent être toxiques pour la faune et la flore aquatiques.
- 13) **Écotoxicité aquatique à court terme (Rosenbaum et coll., 2008)** : Les polluants émis dans l'environnement et se retrouvant dans l'eau peuvent être toxiques pour la faune et la flore aquatiques.
- 14) **Eutrophisation aquatique (Helmes et coll., 2012)** : Les rejets de nutriments dans l'eau favorisent la prolifération d'algues pouvant asphyxier un cours d'eau si elles sont en trop grand nombre. Les milieux aquatiques (c.-à-d. l'eau douce) sont particulièrement affectés par des émissions de phosphore,
- 15) **Eutrophisation marine (Roy et coll., 2012)** : Les rejets de nutriments dans l'eau favorisent la prolifération d'algues pouvant asphyxier un cours d'eau si elles sont en trop grand nombre. Les estuaires et les milieux marins sont affectés par des émissions d'azote.
- 16) **Occupation des terres (Saad et coll., 2011)** : cette catégorie d'impact considère l'effet sur la biodiversité d'une transformation et de l'occupation d'une certaine surface.
- 17) **Utilisation de ressources fossiles et nucléaires (Frischknecht et al., 2003)** : IMPACT World+ utilise le contenu en énergie primaire de chaque ressource pour estimer l'indicateur d'impact calculé en MJ privé à l'utilisateur par MJ de ressource consommée. Il est en effet considéré que le contenu énergétique est un substitut acceptable pour évaluer la fonctionnalité des ressources fossiles, utilisées principalement à des fins énergétiques.
- 18) **Utilisation de ressources minérales (de Bruille, 2014)** : L'impact est évalué à l'aide de l'indice de rareté dans un contexte de compétition décrit par de Bruille. Ce facteur estime la fraction de ressource nécessaire pour de futurs utilisateurs qui seront incapables de s'adapter à la dissipation des réserves facilement accessibles. Il est exprimé en kg de ressource privée par kg de ressource dissipée.

Les catégories de dommage peuvent se résumer ainsi :

- 1) **Santé humaine** : cette catégorie prend en compte les substances ayant des effets toxiques (cancérogènes et non cancérogènes) et respiratoires, ayant un impact sur le changement climatique, produisant des radiations ionisantes, qui consomment de l'eau et qui contribuent à la destruction de la couche d'ozone. Afin d'évaluer le facteur de dommage, la gravité de la maladie potentiellement causée par ces substances est exprimée en DALY - *Disabled Adjusted Life Years*, unité reflétant le dommage à la santé humaine.
- 2) **Qualité des écosystèmes** : cette catégorie regroupe les impacts liés à l'écotoxicité aquatique, à l'acidification terrestre et aquatique, à l'eutrophisation aquatique et marine, aux effets

d'émissions de radiations ionisantes sur les milieux aquatiques, au changement climatique, à l'acidification des océans, à la consommation de l'eau, à la pollution thermique de l'eau, à l'abaissement des nappes phréatiques et à l'occupation des terres. Elle est quantifiée en fraction d'espèces potentiellement disparues, sur une surface donnée et durant une certaine période de temps, par kilogramme de substance émise ($\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{an} / \text{kg}$).

- 3) **Ressources et services écosystémiques** : cette catégorie de dommage n'a pas encore été intégrée à la méthode IMPACT World+.

RÉFÉRENCES

- BOULAY, A.-M., BULLE, C., BAYART, J.-B., DESCHÊNES, L., and MARGNI M., 2011. Regional Characterization of Freshwater Use in LCA: Modeling Direct Impacts on Human Health. Environmental Science & Technology, 45(20), 8948-8957.
- BULLE, C., MARGNI, M., PATOUILLARD, L. ET AL., 2019. IMPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method. Int J Life Cycle Assess 24, 1653–1674. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01583-0>
- FANTKE P., CHARLES R., ALENCASTRO L.F., FRIEDRICH R., JOLLIET O., 2011. Plant uptake of pesticides and human health: dynamic modeling of residues in wheat and ingestion intake. Chemosphere, 85 1639-1647
- DE BRUILLE, V. (2014). Impact de l'utilisation des ressources minérales et métalliques dans un contexte cycle de vie : une approche fonctionnelle (PhD thesis, École Polytechnique de Montréal). Retrieved from <https://publications.polymtl.ca/1591/>
- R. FRISCHKNECHT, A. BRAUNSCHWEIG, P. HOFSTETTER, P. SUTER, 2000. Human health damages due to ionising radiation in life cycle impact assessment, [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(99\)00042-6](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(99)00042-6) .
- FRISCHKNECHT *et al.*, 2003. ecoinvent Database, <http://www.ecoinvent.ch/>
- 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 [page consultée le 3 juin 2013]. Plus précisément : Global Warming Potential (Table 2-14) : http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/tssts-2-5.html [page consultée le 3 juin 2013]
- GOEDKOOP, M., HEIJUNGS, R. HUIJBREGTS, M., DE SCHRYVER, A., STRUIJS, J., VAN ZELM, R. 2009. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level.
- GRONLUND CJ, HUMBERT S, SHAKED S, O'NEILL MS, JOLLIET O, 2015. Characterizing the burden of disease of particulate matter for life cycle impact assessment. Air Qual Atmos Health 8:29–46 HUMBERT, S., MARSHALL, J.D., SHAKED, S., SPADARO, J., NISHIOKA, Y., PREISS, P.H., MCKONE, T.E., HORVATH, A. and JOLLIET, O., 2011. Intake fractions for particulate matter: Recommendations for life cycle assessment. Environmental Science and Technology, 45 (11) 4808-4816
- HELMES R., HUIJBREGTS M.A.J., HENDERSON A.D., JOLLIET O., 2012. Spatially explicit fate factors of freshwater phosphorous emissions at the global scale. International Journal of Life Cycle Assessment,
- HUMBERT S, MARSHALL JD, SHAKED S, SPADARO JV, NISHIOKA Y, PREISS P, MCKONE TE, HORVATH A, JOLLIET O (2011) Intake fraction for particulate matter: recommendations for life cycle impact assessment. Environ Sci Technol 45:4808–4816
- ROSENBAUM R.K., BACHMANN T.K., GOLD L.S., HUIJBREGTS M.A.J., JOLLIET O., JURASKE R., KOEHLER A., LARSEN H.F., MACLEOD M., MARGNI M., MCKONE T.E., PAYET J., SCHUHMACHER M., VAN DE MEENT D., HAUSCHILD M.Z., 2008. USEtox-The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment. International Journal of Life Cycle Assessment 13(7) 532-546.
- ROY P.-O., HUIJBREGTS M., DESCHENES L. and MARGNI M., 2012. Spatially-differentiated atmospheric source-receptor relationships for nitrogen oxides, sulfur oxides, and ammonia emissions at the global scale for life cycle impact assessment. Atmospheric Environment, 62, 74-81
- ROY P.-O., DESCHENES L., MARGNI M. 2013. Uncertainty and spatial variability in characterization factors for aquatic acidification at the global scale. International Journal of Life Cycle Assessment 19(4) 882-890

ROY P.-O., AZEVEDO, L.B., MARGNI M, VAN ZELM, R., DESCHENES L. HUIJBREGTS M. 2014. Characterization factors for terrestrial acidification at the global scale: a systematic analysis of spatial variability and uncertainty. Science of the environment. Online first

SAAD R., MARGNI M., KOELLNER T., WITTSTOCK B. and DESCHENES L., 2011. Assessment of land use impacts on soil ecological functions: development of spatially differentiated characterization factors within a Canadian context. International Journal of Life Cycle Assessment, 16(3), 198-211

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.

Annexe F – Données et hypothèses

Tableau 6-1 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque de procédure à usage unique

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 masques, 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, 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, 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)
Masse de film plastique (emballage) par masque	0,55 g/masque	Littérature : (Lee et al., 2020)

Information	Valeur	Source
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
Taux de recyclage des emballages en carton	76,6%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de recyclage des emballages en plastique	16%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastiques
Distance de transport routier entre l'utilisateur et l'usine de recyclage	450 km	Hypothèse. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km)

Tableau 6-2 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque N95 à usage unique

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, https://www.testextile.com/product/automatic-mask-production-line-apl80/ 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) moyenne 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 les élastiques	0 %	Donnée primaire fournie par un producteur de masques
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.

Information	Valeur	Source
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
Taux de recyclage des emballages en carton	76,6%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de recyclage des emballages en plastique	16%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastiques
Distance de transport routier entre l'utilisateur et l'usine de recyclage	450 km	Hypothèse. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km)

Tableau 6-3 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque N95 réutilisable

Information	Valeur	Source
Matériau utilisé pour la partie flexible de la coque	Élastomère thermoplastique « TPE TM5 »	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la partie flexible de la coque	Allemagne	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la partie flexible de la coque	16,5 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour la coque	Polycarbonate	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la coque	Allemagne	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la coque	31,04 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour la cassette	Polycarbonate	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la cassette	Allemagne	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la cassette	22,47 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour le filtre	Polytéréphtalate d'éthylène et tétrafluoroéthylène	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour le filtre	États-Unis	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour le filtre	15,72 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour les élastiques	Élastomère thermoplastique « TPE TM5 »	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour les élastiques	Allemagne	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour les élastiques	11,99 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour les boucles de serrage	Polyamide	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour les boucles de serrage	États-Unis	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour les boucles de serrage	21,02 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Taux de matière recyclée dans le masque	0 %	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de fabrication du masque	Québec	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Distance de transport routier entre la production des matériaux (Allemagne) et le port (Allemagne) pour l'envoi au site de fabrication	100 km	Hypothèse utilisée pour les matériaux du masque produit en Allemagne.
Distance de transport routier entre la production des matériaux (États-Unis) et le port (États-Unis) pour l'envoi au site de fabrication	200 km	Hypothèse utilisée pour les matériaux du masque produit aux États-Unis.
Distance de transport océanique entre le port (Allemagne) et le port québécois	6100 km	Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Distance de transport océanique entre le port (Allemagne) et le port québécois	1000 km	Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Masse de la machine de fabrication du masque	9750 kg	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Durée de vie de la machine de fabrication du masque	35 ans	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque

Information	Valeur	Source
Capacité de production de la machine de fabrication des masques	2 masques / minute	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Consommation d'électricité de la machine de fabrication du masque	8,3 Wh/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Surface occupée par la machine de fabrication du masque	920 m ²	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Pertes de matière lors de la fabrication du masque	1% (3% pour le filtre)	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de film plastique (emballage) par masque	7 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour le film plastique (emballage)	Chine	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de carton (emballage) par masque	31,25 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour le carton plastique (emballage)	Québec	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
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 la production des emballages (Chine) et le port (Chine) pour l'envoi au site de fabrication	300 km	Hypothèse utilisée pour les matériaux d'emballage du masque produit en Chine.
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 le lieu de fabrication du masque	130 km	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque. Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Distance de transport routier entre le lieu de fabrication et l'utilisateur québécois	137,7 km	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque. Moyenne pondérée entre Montréal (130km, 78% population) et Québec (165km, 22% population). Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Taux de recyclage des emballages en carton	76,6%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de recyclage des emballages en plastique	16%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastiques
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 de recyclage	450 km	Hypothèse. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km)
Masse de la machine pour stérilisation autoclave	50 kg	Site d'un fabricant : (Plysmedical , 2021)
Volume de la machine pour stérilisation autoclave	18 L	Site d'un fabricant : (Plysmedical , 2021)
Durée de vie de la machine pour stérilisation autoclave	25 ans	Site d'un fabricant : (Plysmedical , 2021)
Puissance de la machine pour stérilisation autoclave	2,4 kW	Site d'un fabricant : (Plysmedical , 2021)
Temps d'utilisation de la machine pour stérilisation autoclave	5 min	Donnée primaire recommandée par un fabricant de masque
Consommation d'eau pour un cycle de stérilisation autoclave	0,25 L	Site d'un fabricant : (Plysmedical , 2021)

Information	Valeur	Source
Quantité de savon nécessaire pour un cycle de lavage	3 g	Hypothèse

Tableau 6-4 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque en tissu réutilisable

Information	Valeur	Source
Matériau utilisé pour la couche extérieure de la partie filtrante	Polycoton	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour couche extérieure de la partie filtrante	Québec	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du coton pour le matériau de la couche extérieure de la partie filtrante	Chine	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la couche extérieure de la partie filtrante	2 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour la couche intermédiaire de la partie filtrante	Polypropylène	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la couche intermédiaire de la partie filtrante	Chine	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la couche intermédiaire de la partie filtrante	1,25 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour la couche inférieure de la partie filtrante	Poly Spandex	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la couche inférieure de la partie filtrante	Canada	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la couche inférieure de la partie filtrante	1,75 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour les élastiques	Polypropylène et caoutchouc	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du caoutchouc pour les élastiques	Canada	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du polypropylène pour les élastiques	Chine	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour les élastiques	1,3 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour les billes d'ajustement	Caoutchouc	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour les billes d'ajustement	Canada	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour les billes d'ajustement	1,2 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour la bande nasale	Polyéthylène	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la bande nasale	Canada	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la bande nasale	0,5 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Taux de matière recyclée dans le masque	0 %	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de fabrication du masque	Québec	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Distance de transport routier entre la production des matériaux (Chine) et le port (Chine) pour l'envoi au site de fabrication	300 km	Hypothèse utilisée pour les matériaux du masque produit en Chine.
Distance de transport océanique entre le port (Chine) et le port québécois	24000 km	Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Masse de la machine de fabrication du masque	4800 kg	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque

Information	Valeur	Source
Durée de vie de la machine de fabrication du masque	25 ans	Hypothèse
Capacité de production de la machine de fabrication des masques	3 masques / minute	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Consommation d'électricité de la machine de fabrication du masque	3,84 Wh/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Surface occupée par la machine de fabrication du masque	27 m ²	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Pertes de matière lors de la fabrication du masque	0%	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de film plastique (emballage) par masque	0,55 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour le film plastique (emballage)	Chine	Hypothèse
Masse de carton (emballage) par masque	2 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour le carton plastique (emballage)	Québec	Hypothèse
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 le port québécois et le lieu de fabrication du masque	130 km	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque. Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Distance de transport routier entre le lieu de fabrication et l'utilisateur québécois	137,7 km	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque. Moyenne pondérée entre Montréal (130km, 78% population) et Québec (165km, 22% population). Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Taux de recyclage des emballages en carton	76,6%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de recyclage des emballages en plastique	16%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastiques
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 de recyclage	450 km	Hypothèse. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km)
Masse de la machine pour le nettoyage (four)	40 kg	Hypothèse, moyenne des électroménagers disponibles sur le marché
Volume de la machine pour le nettoyage (four)	15 L	Hypothèse, moyenne des électroménagers individuels disponibles sur le marché
Durée de vie de la machine pour le nettoyage (four)	10 ans	Hypothèse, moyenne des électroménagers individuels disponibles sur le marché
Puissance de la machine pour le nettoyage (four)	1,0 kW	Hypothèse, moyenne des électroménagers individuels disponibles sur le marché
Temps d'utilisation pour le nettoyage (four)	30 min	Donnée primaire recommandée par un fabricant de masque
Température requise pour le nettoyage (four)	200°F (93°C)	Donnée primaire recommandée par un fabricant de masque

Tableau 6-5 : Données et hypothèses principales utilisées pour la modélisation du masque PLA/cellulose à usage unique

Information	Valeur	Source
Matériau utilisé pour la couche extérieure de la partie filtrante	Acide polylactique	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour couche extérieure de la partie filtrante	Chine	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la couche extérieure de la partie filtrante	1,5 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Matériau utilisé pour la couche intermédiaire de la partie filtrante	Cellulose	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la couche intermédiaire de la partie filtrante	Québec et Ontario	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de matériau requise pour la couche intermédiaire de la partie filtrante	2,5 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
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
Lieu de production du matériau pour la bande nasale	Québec	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
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, 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, 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 fabricant de masque
Lieu de fabrication du masque	Québec	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Distance de transport routier entre la production des matériaux (Chine) et le port (Chine) pour l'envoi au site de fabrication	300 km	Hypothèse utilisée pour les matériaux du masque produit en Chine.
Distance de transport océanique entre le port (Chine) et le port québécois	24000 km	Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Masse de la machine de fabrication du masque	500 kg	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Durée de vie de la machine de fabrication du masque	10 ans	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Capacité de production de la machine de fabrication des masques	60 masques / minute	Site de manufacturier : (TESTEX, 2021)
Consommation d'électricité de la machine de fabrication du masque	3 Wh/masque	Site de manufacturier : (TESTEX, 2021)
Surface occupée par la machine de fabrication du masque	2,7 m ²	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Pertes de matière lors de la fabrication du masque	1%	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Masse de film plastique (emballage) par masque	0,025 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque

Information	Valeur	Source
Lieu de production du matériau pour le film plastique (emballage)	Chine	Hypothèse
Masse de boîte (emballage) par masque	0,334 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour la boîte (emballage)	Chine	Hypothèse
Masse de carton (emballage) par masque	0,637 g/masque	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque
Lieu de production du matériau pour le carton plastique (emballage)	Chine	Hypothèse
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 le port québécois et le lieu de fabrication du masque	130 km	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque. Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Distance de transport routier entre le lieu de fabrication et l'utilisateur québécois	137,7 km	Donnée primaire fournie par un fabricant de masque. Moyenne pondérée entre Montréal (130km, 78% population) et Québec (165km, 22% population). Évaluation basée sur le site https://www.searates.com/fr/services/distances-time/
Taux de recyclage des emballages en carton	76,6%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur le carton ondulé
Taux de recyclage des emballages en plastique	16%	Source : Fiche de RECYC-QUÉBEC sur les sacs et pellicules plastiques
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 de recyclage	450 km	Hypothèse. Considère le trajet utilisateur → tri (300km) et le trajet tri → recyclage (150km)

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 ET
RÉUTILISABLES

PRÉSENTÉ À



CIRAIQ^{MC}

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

14 JUILLET 2022

INFORMATIONS SUR LE RAPPORT	
Titre de l'étude	Analyse du cycle de vie de masques à usage unique et réutilisables
Date	14 juillet 2022
Auteurs de l'étude	Flavien Binet, François Saunier, Dominique Maxime, Estelle Louineau, Pr 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.
Commanditaire de l'étude	RECYC-QUÉBEC

1. INTRODUCTION

Ce rapport de revue critique présente les conclusions ainsi que le verdict de la revue critique du rapport intitulé *Analyse du cycle de vie de masques à usage unique et réutilisables*. Le rapport révisé, mandaté par RECYC-QUÉBEC, a été préparé par Flavien Binet et ses collègues.

RECYC-QUÉBEC ayant notamment le rôle de promouvoir la réduction à la source au Québec, cette étude vise à fournir des informations environnementales sur les profils environnementaux de masques de procédure et N95 à usage unique et réutilisables. Cette étude fournit également les informations nécessaires afin que RECYC-QUÉBEC puisse communiquer sur les types de masques de procédure et N95 à privilégier (à usage unique ou réutilisables) afin de minimiser les impacts potentiels sur l'environnement.

L'étude comportait également une section analysant les coûts du cycle de vie des masques à l'étude. Cette section a été révisée par le comité et des commentaires ont été formulés, sans toutefois vérifier la conformité à quelconque norme en la matière.

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 a été 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 14040:2006/AMD 1:2020 – Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre
- ISO 14044:2006/AMD 1:2017/AMD 2:2020 – 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 sont les suivants :

- La méthodologie utilisée pour réaliser l'ACV doit être conforme à ces normes;
- 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 6 juillet 2022. Dans le cadre de cette revue, une révision partielle du modèle a été effectuée et 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 au Québec.

Déroulement de la revue critique

Le processus de revue critique a débuté le 23 mars 2022. Le rapport complet a été reçu par le comité de revue critique et a transmis ses commentaires sous forme de grille au CIRAIG le 18 avril 2022. S'en sont suivies plusieurs rondes de commentaires et d'amendements au rapport. La version finale du rapport ACV a été reçue le 6 juillet 2022. Le rapport de revue critique final incluant la grille de commentaire finale (voir Annexe A) a été envoyé au commanditaire de l'étude le 14 juillet 2022.

3. CONCLUSIONS DE LA REVUE CRITIQUE

Cette étude apporte un éclairage additionnel sur la question de la performance environnementale de masques de protection à usage unique et réutilisables dans un contexte québécois.

Le rapport décrit avec transparence les objectifs et le champ d'étude, la méthodologie, les résultats et l'interprétation. Le comité de revue critique a formulé une multitude de commentaires afin d'en améliorer la qualité. Certains enjeux concernant les items suivants ont notamment été identifiés :

1. Le nombre de réutilisations des masques
2. Les règles d'imputation quant aux coproduits, ainsi qu'à l'utilisation de matière recyclée et au recyclage en fin de vie
3. La description de la modélisation de l'inventaire et de l'analyse de qualité des données dans le corps du rapport
4. Les scénarios de nettoyage des masques réutilisables
5. Les calculs des pourcentages de réduction d'impacts entre les types de masques
6. La description des masques (ex. masse totale manquante)
7. La comptabilisation du carbone biogénique
8. La représentativité de certaines données secondaires (ex. production de PLA)
9. Les limites des conclusions de l'étude

Des commentaires et suggestions plus détaillés se trouvent dans la grille de commentaire envoyée avec ce rapport à l'Annexe A.

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 (voir la 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 et réutilisables – 6 juillet 2022* » est conforme à toutes les autres exigences des normes ISO 14 040-44 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 page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
BA1	2	Sommaire	Paragraphe 1	Gen	Suggestion	Reformuler la phrase suivante : « Ces masques portent à la fois un impact environnemental pour leur production et utilisation, et représentent un gisement de matières résiduelles. »	« La production et l'utilisation de ces masques engendrent plusieurs impacts environnementaux en plus d'être une source importante de déchets. »	Modifié	Fermé
BA2	2	Sommaire	Paragraphe 1	Gen	Important	Spécifier que ce sont les impacts environnementaux et économiques qui seront analysés : « RECYC-QUÉBEC souhaite comparer cinq masques différents »	« RECYC-QUÉBEC souhaite comparer les impacts environnementaux et économiques de cinq masques différents »	Ajouté	Fermé
BA3	3	Sommaire	Premier paragraphe après la liste de puces	Tech	Critique	Aucune mention des masques à usage unique en PLA/cellulose dans le paragraphe suivant : « D'après les recommandations du gouvernement du Québec sur le port des masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique, ceux-ci doivent être changés respectivement toutes les 4 heures et toutes les 8 heures. »	Ajouter une précision sur les caractéristiques du masque à usage unique en PLA/cellulose ou sur la raison pour laquelle aucune précision n'est émise.	Ajouté : « D'après les recommandations des fabricants, les masques à usage unique en PLA/cellulose doivent être changés toutes les 4 heures comme les masques de procédure à usage unique. »	Fermé
BA4	3	Sommaire	3 ^{ème} parag. après la	Gen	Important	Spécifier que ce sont les impacts environnementaux	« et compare les impacts environnementaux	Ajouté	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
			liste de puces			qui ont été analysés : « et compare leur recyclage, incinération ou enfouissement »	potentiels de leur recyclage, incinération ou enfouissement »		
BA5	2 et 15	Sommaire et 1	Paragraphe 1	Gen	Important	Reformuler cette phrase et ajouter des précisions (protéger la population de quoi?) : « Depuis la pandémie de COVID-19, les masques à usage unique et réutilisables sont utilisés pour protéger la population au Québec. »	Ajouter du contexte, p.ex. : « Depuis la pandémie du coronavirus 2019 (COVID-19), le port du masque est mis de l'avant au Québec pour restreindre la propagation du virus. Le port du masque dans les lieux de travail institutionnels et dans les commerces ... est obligatoire depuis ... »	Modifié : « Depuis le début de la pandémie du coronavirus 2019 (COVID-19), le port du masque est mis de l'avant au Québec pour restreindre la propagation du virus. Le port du masque dans les lieux de travail institutionnels et dans les commerces est obligatoire depuis juillet 2020. »	Fermé
BA6	28	2.8	Tableau 2-2	Gen	Important	Qu'est-ce que signifie « Inclusive / exclues dans les différents contextes » ? Est-ce que cela pourrait être remplacé par « Inclusive / exclues lorsqu'applicable » ?	Reformuler de façon plus claire.	Modifié. Remplacé par : « Inclusives/Exclusives » seulement, la mention « dans les différents contextes » n'était pas pertinente.	Fermé
BA7	29	2.8	Dernier paragraphe	Tech	Critique	Dans la section 2.5 et dans le tableau 2-2, il est indiqué que le recyclage des emballages est exclu selon une approche par règle de coupure, mais dans le dernier paragraphe de la page 29, il est indiqué le contraire.	Reformuler ou retirer la dernière phrase de la page 29.	Dernière phrase retirée	Fermé
BA8	38	3.1.1	-	Gen	Suggestion	Reformuler cette phrase pour clarifier pourquoi	« L'étape d'utilisation diffère selon le type de masque. En	Modifié	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						l'étape d'utilisation est nulle : « L'étape d'utilisation est différente pour les masques, le masque de procédure à usage unique étant à usage unique cette étape est nulle. »	effet, tandis que l'utilisation des masques réutilisables requiert un nettoyage répété, l'utilisation des masques de procédure à usage unique n'implique aucune action et donc, ne génère aucun impact. »		
BA9	40	3.1.1.1	Premier paragraphe	Tech	Suggestion	« Toutes les autres contributions sont inférieures à 10%. » Quelles sont « toutes ces autres contributions » ? Les phases d'utilisation et de distribution des masques? Pourquoi présenter la contribution du traitement de fin de vie du masque, qui est de moins de 4%, et ne pas détailler les « autres contributions » qui sont de moins de 10%?	Détailler ces « autres contributions. »	Traitement en fin de vie retiré. Aucune contribution inférieure à 10% n'est mentionnée. Ajouté « Toutes les autres contributions (distribution, utilisation, traitement en fin de vie) sont inférieures à 10 % » et détail des étapes ajoutées au fil du texte dans les autres sections.	Fermé
BA10	60	3.3.1	Figures 3-1, 3-2	Gen	Suggestion	Dans la légende des figures et dans le texte explicatif, le nom de l'indicateur « production des matières premières » diffère (dans le texte, on parle de « production des matériaux »).	Homogénéiser les termes : utiliser soit « production des matériaux » ou « production des matières premières. »	Modifié au fil du texte	Fermé
BA11	65	3.4	-	Tech	Critique	Ajouter du contexte à cette section, pour que le lecteur	Expliquer quels sont les « 2 critères » analysés, quel est le	Ajouté : « La fiabilité des résultats et des conclusions de	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						comprendre l'évaluation de la qualité des données sans devoir consulter l'annexe D : « La grande majorité des notes attribuées sur les 2 critères sont comprises entre 1 (meilleure note) et 3 (note moyenne) »	score maximal de ces critères, quelle est l'utilité de cette analyse, etc.	<p>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.</p> <p>Bien qu'aucune méthode particulière ne soit actuellement prescrite par l'ISO, deux critères ayant une influence sur la qualité de l'inventaire ont été choisis pour évaluer les données :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fiabilité : concerne les sources, les méthodes d'acquisition et les procédures de vérification des données. Une donnée jugée fiable est une donnée vérifiée et mesurée sur le terrain. Ce critère se réfère principalement à la quantification des flux économiques. • Représentativité : traite des corrélations géographique et technologique. Est-ce que l'ensemble des données reflète la réalité? Une donnée est jugée représentative lorsque la technologie est en relation directe avec le champ 	

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								<p>d'étude. Ce critère se rapporte principalement au choix des processus servant à modéliser le système.</p> <p>Ils sont évalués de manière semi-qualitative à l'aide d'une note entre 1 (meilleure qualité) et 5 (pire qualité). Plus de détails sur le système de notation et les résultats de l'analyse de la qualité des données d'inventaire sont présentés à l'Annexe D du présent rapport. »</p>	
BA12	66	3.5	Paragraphe 2	Tech	Important	Les « paramètres testés » sont présentés, mais il n'y a aucune explication de comment ceux-ci ont été choisis (est-ce que le choix repose sur l'analyse de la qualité des données, section 3.4?).	Expliquer comment les paramètres testés ont été choisis : « Le choix des paramètres réside sur... »	<p>Ajouté dans le paragraphe 3.5 : « Le choix des paramètres testés découle de l'analyse de qualité des données et de l'analyse de contribution. Certaines données impliquées dans des processus ayant des contributions importantes et corrélées avec à une qualité moindre ont été testées pour mesurer leur influence sur les résultats. Des choix méthodologiques importants (notamment le choix de la méthode d'évaluation des impacts) et certains autres paramètres clés ont aussi été testés pour analyser leur contribution aux résultats. »</p>	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
BA13	65	3.4	2 ^{ème} point de la liste à puces	Ed	Critique	Erreur de frappe : vous avez écrit « résultats d'incitateurs » au lieu « d'indicateurs »	Corriger à « résultats d'indicateurs »	Corrigé	Fermé
BA14	68	3.5.2	Paragraphe 1	technique	important	Il n'y a pas de justification sur le choix de la méthode utilisée pour l'analyse de sensibilité	Expliquer pourquoi le modèle hiérarchiste est utilisé plutôt qu'un autre, la proximité du nombre d'indicateurs ou d'impacts considérés entre les deux méthodes par exemple	<p>Ajouté : « 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, v1.02, perspective Hiérarchiste) (Huijbregts et al., 2017). Cette deuxième méthode est choisie car :</p> <ul style="list-style-type: none"> • À l'instar d'IMPACT World+, sa couverture est globale et ne se limite pas à un contexte géographique plus limité comme d'autres méthodes (p.ex. CML ou ILCD); • À l'instar d'IMPACT World+, ReCiPe offre les deux niveaux d'indicateurs facilitant la prise de décision: indicateurs de niveau problème et indicateurs de niveau 	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								<p>dommage (voir paragraphe Erreur ! Source du renvoi introuvable.) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • C'est une méthode partiellement régionalisée, comme IMPACT World+; • C'est une méthode réputée robuste, publiée et revue par les pairs, et régulièrement mise à jour; • ReCiPe offrant trois différentes variantes ou perspectives (quant aux hypothèses et choix de valeurs des modèles sous-jacents de la méthode, principalement reliés à la perspective temporelle), la perspective Hiérarchiste est choisie car elle ne présuppose pas de privilégier une vision court-terme ou long-terme mais plutôt une perspective sur un horizon de temps intermédiaire, en cohérence avec les principes politiques les plus communs 	

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								(p.ex. un horizon de temps de 100 ans pour estimer le changement climatique. »	
BA15	72, 74	3.5.3	Tableaux 3-5, 3-6	Gen	Important	On se perd dans les différents scénarios des tableaux 3-5 et 3-6.	Indiquer les cas de référence → p.ex. « 50u tissu (cas de référence) »	Modifié	Fermé
BA16	72, 74	3.5.3	Tableaux 3-5, 3-6	Gen	Important	Revoir le nom des différents scénarios dans le tableau, qui peuvent porter à confusion. Il est écrit « nombre / durée d'utilisation, » mais on ne voit que des nombres d'utilisation et pas des durées.	Détailler les noms de scénarios : p.ex. 50u tissu → Masque de tissu utilisé 50 fois (cas de référence) 30u tissu → Masque de tissu utilisé 30 fois ... 2 masques procédure /UF → Masque de procédure utilisé 4h (2 masques / UF) (cas de référence) ...	Modifié : « Masque N95 réutilisable utilisé 50 fois (Cas de référence) » et « Masque de procédure utilisé 8h (1 masque/UF) (Cas de référence) »	Fermé
BA17	73, 75	3.5.3	Figures 3-17, 3-18	Gen	Suggestion	Le masque N95 est appelé différemment dans la légende et dans le titre des figures 3-17 et 3-18, ce qui peut porter à confusion.	Homogénéiser les noms du masque N95 à usage unique dans la légende et le titre des figures « : p.ex. remplacer « N95 conventionnel » dans la légende à « N95 à usage unique, cas de référence. »	Modifié	Fermé
BA18	73, 75	3.5.3	Figures 3-17, 3-18	Tech	Important	Le contenu des figures et la signification des courbes bleues ne sont pas expliqués.	Expliquer le contenu des figures, notamment la signification des courbes bleues (masques usage unique « conventionnels ») :	Ajouté : « Les courbes bleues représentent les impacts potentiels des masques à usage unique (procédure et N95) pour une unité »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							est-ce les résultats du cas de référence qui sont présentés ici?	fonctionnelle (respectivement 2 masques et 1 masque pour le masque de procédure à usage unique et le masque N95 à usage unique). Ces résultats ne sont pas modifiés suivant le nombre de réutilisations car ces masques ne sont pas réutilisables et donc leurs résultats par unité fonctionnelle ne varient pas. Les courbes rouges représentent les impacts potentiels des masques réutilisables (tissu réutilisable et N95 réutilisable) pour une unité fonctionnelle en fonction de leur nombre de réutilisations. »	
BA19	-	Tout au long du rapport	-	Ed	Critique	Plusieurs erreurs de français sont détectées dans le document.	Corriger les erreurs de français à travers le document.	Fait	Fermé
BA20	89	3.8	2 ^{ème} point de la liste à puces	Ed	Critique	Cette phrase est à reformuler et l'erreur de frappe est à corriger : « Pour le masque N95 réutilisable, il obtient des résultats plus élevés que le masque N95 à usage unique en dessous de 8-9 réutilisables »	Reformuler et corriger l'erreur de frappe : « Le masque N95 réutilisable génère des impacts environnementaux plus élevés que le masque N95 à usage unique lorsqu'il est utilisé moins de 8 à 9 fois »	Modifié	Fermé
BA21	89	3.8	2 ^{ème} point de la liste à puces	Gen	Important	Que voulez-vous dire par « suivant les indicateurs » ? : « Pour le masque N95 réutilisable, il obtient des	Reformuler ou ajouter des précisions au contenu entre les parenthèses.	8 ou 9 réutilisations suivant les indicateurs. Pour certains indicateurs 8 réutilisations est le point de bascule et pour	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						résultats plus élevés que le masque N95 à usage unique en dessous de 8-9 réutilisables (suivant les indicateurs). »		d'autres indicateurs c'est 9 réutilisations. Modifié	
BA22	89	3.8	2 ^{ème} point de la liste à puces	Gen	Suggestion	Reformuler, clarifier cette conclusion : « Il est recommandé que les utilisateurs prennent en compte le nombre d'utilisations maximal recommandé d'un masque réutilisable. »	« Pour limiter les impacts environnementaux des masques réutilisables, il est conseillé de les utiliser sur toute leur durée de vie indiquée par les fabricants. »	Modifié	Fermé
BA23	1	4.3	-	Ed	Critique	Les numéros de page recommencent à 1 en raison d'un changement d'orientation de page.	Régler la numérotation afin qu'elle continue selon la section précédente.	Modifié	Fermé
BA24	6	5	Paragraphe 2	Tech	Important	Dans la phrase suivante, ajouter une précision liée aux analyses de sensibilité effectuées : « L'étude a permis de mettre en évidence que le cycle de vie d'un masque réutilisable obtient des résultats plus faibles qu'un masque à usage unique pour l'ensemble des indicateurs. L'utilisation de masque réutilisable est donc conseillée d'un point de vue environnemental. »	« L'étude a permis de mettre en évidence que le cycle de vie d'un masque réutilisable obtient des résultats plus faibles qu'un masque à usage unique pour l'ensemble des indicateurs, et ce, si lorsque le masque réutilisable est utilisé plus de X fois. »	Modifié : « L'étude a permis de mettre en évidence que le cycle de vie d'un masque réutilisable obtient des résultats plus faibles qu'un masque à usage unique pour l'ensemble des indicateurs, et ce, lorsque le masque réutilisable est utilisé plus de 9 pour le masque N95 réutilisable et 13 fois pour le masque en tissu réutilisable. »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
DB1	31		Figure 2-5	ed		Figure en anglais	Utiliser la figure de l'annexe B	Modifié	Fermé
DB2	91		Tableau 4-1	tech		<p>1. Les normes d'hygiène industrielle doivent être respectées. Il faut au minimum 2 lingettes.</p> <p>À 16\$ plus livraison (boite de 160) c'est donc au moins 10\$ pour 50 utilisations à ajouter. https://www.emrn.ca/en/super-sani-clothr-germicide-disposable-wipe-160-wipes-per-canister.html</p> <p>Voir norme CSA Z94.4</p> <p>2. Le poids d'une lingette selon l'annexe C est $\pm 5g$. un masque de procédure jetable représente $\pm 2.4g$. deux fois plus de matière</p> <p>3. sans compter l'impact du plastique du contenant et celui des lingettes.</p>	<p>Tenir compte des coûts de nettoyage des lingettes</p> <p>Spécifier que ACV des lingettes n'est pas pris en compte</p>	<p>Pour le masque N95 réutilisable, plusieurs types de lavage sont possibles. Dans l'ACV une analyse de sensibilité (voir section 3.5.8) est faite pour voir la contribution de ces différents types de nettoyage (lingettes/autoclave/autres).</p> <p>Dans l'analyse économique, nous avons pris le type de lavage recommandé par le fabricant : à savoir le nettoyage avec eau et savon plus autoclave. Donc il n'est pas considéré le scénario de lavage avec lingette dans la section économique.</p>	Fermé
HIT1	3	Sommaire		Ed	Suggestion	« Une étude spécifique sur la fin de vie des masques a été réalisée en parallèle à ce projet et compare leur recyclage, incinération ou enfouissement »	« Une étude spécifique sur la fin de vie des masques de <u>procédure</u> et N95 à usage <u>unique</u> a été réalisée en parallèle à ce projet et compare leurs recyclage,	Corrigé	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							incinération ou enfouissement »		
HIT2	4	Sommaire		Ed	Suggestion	« Cependant, les enjeux du changement climatique sont <u>déjà</u> inclus dans les deux indicateurs de niveau dommage <i>Santé humaine</i> et <i>Qualité des écosystèmes</i> . »	« Cependant, les enjeux du changement climatique sont <u>également</u> inclus dans les deux indicateurs de niveau dommage <i>Santé humaine</i> et <i>Qualité des écosystèmes</i> . »	Modifié	Fermé
HIT3	4-5	Sommaire	S-1 et S-2	Ed	Suggestion	Les résultats ne sont pas présentés dans le même ordre que les unités fonctionnelles à la page 3.	Reprendre l'ordre des unités fonctionnelles ou changer l'ordre des unités fonctionnelles à la page 3.	Modifié	Fermé
HIT4	4-5	Sommaire	S-1 et S-2	Ed	Suggestion	Les tableaux sont numérotés S-1-1 et S-1-2	Corriger la numérotation.	Corrigé	Fermé
HIT5	5	Sommaire		Tech	Important	« L'interprétation des résultats permet d'identifier que les impacts potentiels d'un masque de procédure à usage unique ou d'un masque N95 à usage unique sont respectivement plus élevés que ceux d'un masque en tissu réutilisable (56% - 98%) » C'est plutôt 97% selon le tableau S-1.	Corriger. HIT2022-05-31 : Normalement, lorsque l'on écrit qu'un produit (A) a des impacts potentiels X% plus bas/élevés que ceux d'un autre produit (B), le % est interprété comme suit : impact de A = (1+X%)*impact de B (X est négatif lorsque les impacts sont plus bas). C'est le cas ex. à la section 3.1.3 (voir commentaire HIT32). Dans le sommaire, c'est plutôt impacts du masque à usage unique = impacts du masque réutilisable + impacts du	Formulation uniformisée avec les sections 3.1.3 et 3.2.3. Modifié : «L'interprétation des résultats permet d'identifier que le masque en tissu réutilisable et le masque N95 réutilisable obtiennent des scores plus faibles que, respectivement, le masque de procédure à usage unique (-56% à -98% selon l'indicateur) et le masque N95 à usage unique (-66% à -81%).»	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							masque à usage unique * X%. Cela peut causer de la confusion. Je suggère fortement de reprendre la formulation de la section 3.1.3 ou de calculer les % selon l'équation $B = (1+X\%)*A$.		
HIT6	5	Sommaire		Gen	Important	Les résultats pour le masque de PLA/cellulose ne sont pas présentés.	Ajouter un passage sur les résultats de ce masque ou justifiant son exclusion du sommaire.	Ajouté dans le sommaire : « Le masque en PLA/cellulose à usage unique est inclus dans le rapport à titre indicatif. Il n'existe pas d'équivalent réutilisable auquel il pourrait être comparé. Ce masque n'étant pas encore certifié, ces résultats ne peuvent pas être comparés avec les autres types de masques car ils ne sont pas fonctionnellement équivalents. Pour les mêmes raisons et par absence de données, la section économique ne traite pas de ce masque. »	Fermé
HIT7	6	Sommaire		Tech	Important	« Pour de grandes commandes (plus de 10000 unités), les prix des masques réutilisables sont 7% à 15% moins cher que ceux à usage unique (respectivement pour les N95 et les procédures). » Sur une base	Préciser.	Ajouté : « Pour de grandes commandes (plus de 10 000 unités), le prix des masques réutilisables est de 7% à 15% (respectivement pour les N95 réutilisable et ceux en tissu réutilisable) moins cher par unité fonctionnelle que ceux à usage unique. »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						unitaire ou par unité fonctionnelle?			
HIT8	6	Sommaire		Tech	Important	Les résultats de l'analyse économique ne semblent pas couvrir tous les types de masques. Est-ce que le masque PLA/cellulose est inclus dans cette analyse?	Préciser.	<p>Non, le masque n'est pas inclus dans l'analyse économique. Ajouté (réponse HIT7) : « Le masque en PLA/cellulose à usage unique est inclus dans le rapport à titre indicatif. Il n'existe pas d'équivalent réutilisable auquel il pourrait être comparé. Ce masque n'étant pas encore certifié, ces résultats ne peuvent pas être comparés avec les autres types de masques car ils ne sont pas fonctionnellement équivalents. Pour les mêmes raisons et par absence de données (le masque n'est pas encore sur le marché), la section économique ne traite pas de ce masque. »</p> <p>Ajouté en début de section économique 4 : « Le masque en PLA/cellulose n'est pas inclus dans cette section car il n'est pas fonctionnellement équivalent aux autres masques étudiés et aucune donnée économique n'est disponible (le masque n'est pas encore sur le marché). »</p>	Fermé
HIT9	15	1		Ed	Suggestion	« Ces masques portent un questionnement quant à	Ces masques portent un questionnement quant à leur	Ajouté	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						leur impact environnemental sur l'ensemble de leur cycle de vie, et représentent un gisement de matières résiduelles à traiter. »	impact environnemental sur l'ensemble de leur cycle de vie, et représentent un gisement de matières résiduelles à traiter <u>en forte croissance par rapport à la situation pré-pandémique.</u> »		
HIT10	15	1		Ed	Suggestion	« Ce rapport présente l'évaluation du profil environnemental (du berceau au tombeau) de chacun des cinq masques (procédure à usage unique, N95 à usage unique, N95 réutilisable, tissu réutilisable, PLA/cellulose à usage unique), et l'analyse des contributions (points chauds du cycle de vie des masques) aux résultats obtenus (voir sections Erreur ! Source du renvoi introuvable. et Erreur ! Source du renvoi introuvable.). »	Ajouter que le rapport présente aussi la comparaison des masques.	Ajouté : « Le rapport présente aussi la comparaison des masques de même certification (masque de procédure à usage unique et masque en tissu réutilisable d'une part, et masque N95 à usage unique et masque N95 réutilisable d'autre part) (voir section 3.1 et 3.2). »	Fermé
HIT11	19	2.2.2		Tech	Important	« Il a été supposé que le masque N95 à usage unique est emballé de la même façon que le masque de procédure à usage unique, et les tailles d'emballage ont été ajustées pour tenir	Considérer obtenir des données primaires.	Après vérification avec différents fabricants, les hypothèses posées sur les emballages des masques N95 sont réalistes. Modifié : « L'emballage des masques N95 à usage unique	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						compte de la différence de volume entre le masque de procédure à usage unique et le masque N95 à usage unique. » N'est-ce pas possible d'obtenir des données primaires sur l'emballage du N95 à l'étude?		est similaire à celui des masques de procédure à usage unique. Les masques sont emballés dans un film plastique et une boîte de contenance variable (10 à 50 masques en général). Puis les boîtes dans un carton ondulé.	
HIT12	20-21	2.2.3 et 2.2.4		Tech	Important	Les méthodes de nettoyage choisies pour les masques réutilisables ne sont pas décrites en détail et le choix des paramètres n'est pas justifié, ce qui rend l'interprétation des résultats de l'étape d'utilisation difficile.	Décrire plus en détail la méthode de nettoyage (incl. l'équipement nécessaire) et justifier les choix effectués.	Ajouté : « Cette technique requiert donc l'utilisation d'un stérilisateur autoclave (modèle représentatif du marché : puissance de 2400W, capacité de 18 litres, cycle de 5 minutes). » et « (modèle représentatif du marché : puissance de 1000W, capacité de 15 litres) et l'utilisation d'eau (4,5 litres) et savon (3 grammes). »	Fermé
HIT13	23	2.4		Tech	Important	« Protéger une personne à l'aide d'un masque non certifié pendant une période de 8 heures, dans un milieu de travail institutionnel de Montréal ou de Québec en 2021. » On présume que le fait que ce masque ne soit pas certifié limite son utilisation dans un contexte institutionnel, ex. dans le secteur de la santé.	Clarifier cet aspect.	Le masque PLA/cellulose n'est en effet pas utilisable dans l'ensemble des contextes institutionnels (notamment dans le secteur de la santé). Il est possible néanmoins qu'il soit utilisé dans le contexte où un couvre-visage est suffisant (la plupart des lieux publics fermés). Ajouté dans la section 2.4 : « Une distinction est faite à la	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								section 2.3 entre masques de qualité (certifié ASTM 1 et 2) et non certifié (couvre-visage). Le masque PLA/cellulose étant considéré comme un simple couvre-visage, il ne pourra pas être utilisé dans les cas nécessitant un masque certifié de qualité (secteur de la santé par exemple), néanmoins il reste utilisable dans les lieux publics fermés ou partiellement couverts et dans les transports en commun. »	
HIT14	23	2.4	Tableau 2-2	Tech	Critique		Ajouter les masses totales des masques.	Ajouté	Fermé
HIT15	24	2.5		Tech	Critique	« Dans la présente étude, il n’y a pas de processus multifonctionnels reliés aux masques, mais certains concernant leurs emballages. » Les processus de production de PLA et de cellulose génèrent potentiellement des coproduits.	Décrire les règles d’imputation appliquées à ces processus importants pour le masque biosourcé. HIT2022-05-31 : L’imputation de fin de vie (cut-off dans cette étude) et l’imputation de coproduit sont différentes. Ecoinvent utilise généralement l’imputation économique pour répartir l’inventaire en amont de processus avec coproduits.	Modifié : « Dans la présente étude, il existe certains processus multifonctionnels reliés à la production des matériaux comme la cellulose et le PLA qui sont fabriqués à partir de coproduits de biomasse. La fin de vie des emballages des masques est également une activité multifonctionnelle puisqu’elle génère également de la matière recyclée en plus d’offrir le traitement de la matière résiduelle. Pour le PLA et la cellulose, les processus de production utilisés sont ceux de la base	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								de données ecoinvent, qui gère la multifonctionnalité par allocation sur base économique. Concernant la fin de vie des emballages, l'enjeu de la multifonctionnalité est géré par la modélisation avec l'approche <i>cut-off</i> choisie ici pour l'étude, en cohérence avec l'approche <i>cut-off</i> également considéré pour la fin de vie dans la base de données ecoinvent utilisée. Par cette approche, le recyclage n'est pas considéré car en dehors des frontières du systèmes. »	
HIT16	25	2.6		Ed	Suggestion	« Ce contexte implique que pour l'approvisionnement en masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique, le contexte géographique pour la production des matériaux et leur fabrication est la Chine, puisque la majorité de ces masques actuellement utilisés au Québec provient de Chine. »	Ajouter une référence pour appuyer cette affirmation.	Source : CAG (centre d'acquisitions gouvernementales). Ajouté : « Ce contexte implique que pour l'approvisionnement en masques de procédure à usage unique et N95 à usage unique, le contexte géographique pour la production des matériaux et leur fabrication est la Chine, puisque la majorité de ces masques actuellement utilisés au Québec provient de Chine (estimation de la provenance	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								la plus probable par le Centre d'Acquisitions Gouvernementales (CAG) et RECYC-QUÉBEC. »	
HIT17	26	2.7		Tech	Important	« 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. Pour les masques en tissu réutilisables et N95 réutilisables, les données ont été collectées auprès de deux fabricants. »	Préciser.	La liste des données primaires est en annexe F. Une phrase a été ajoutée dans la section 2.7 : « Plus de détails sur les données primaires obtenues sont disponibles en annexe F. »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						Ce paragraphe ne décrit pas précisément quelles sont les données primaires utilisées dans l'étude.			
HIT18	26	2.7		Tech	Important	« Cependant, peu d'études sur les masques existent déjà, et parmi les études existantes certaines s'intéressent à des scénarios non pertinents (transport des masques en avion venant dominer les résultats par exemple) » Sur quoi se base-t-on pour affirmer que le transport par avion n'est pas pertinent dans le contexte de l'étude?	Ajouter une référence.	Exemple supprimé. Modifié : « 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, et une seule d'entre elles (Lee et al., 2020) fournit des données d'inventaire. »	Fermé
HIT19	26	2.7		Tech	Important	« 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 écoinvent, de la base de données interne du CIRAI, de bases de données publiques, d'une revue de littérature et de l'avis d'experts. » On peut voir au tableau 2-2 que certaines	Modifier le paragraphe pour refléter l'approche adoptée quant aux données manquantes.	Modification des justifications faites dans le tableau 2-2. Chaque exclusion est faite car considérée à priori négligeable par avis d'expert et parce que les données ne sont pas facilement accessibles (p.ex. masse de colorant des résines).	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						exclusions sont justifiées par le manque de données. Donc, ce que décrit ce paragraphe ne correspond pas exactement à l'approche adoptée pour les données manquantes.			
HIT20	29	2.8	Tableau 2-2	Tech	Important	L'exclusion du traitement du lixiviat produit par la décomposition de l'emballage de carton est justifiée par l'absence d'une donnée québécoise. Or plusieurs données non québécoises sont utilisées dans l'étude.	Clarifier la justification de l'exclusion.	Après vérification, c'est l'étape d'incinération des boues de traitement du lixiviat qui est exclue et pas toute l'étape de traitement du lixiviat. La justification étant qu'une telle incinération des boues n'existe pas faite au Québec. Modifications faites dans le modèle mais les résultats ne changent pas (négligeable). Modifié dans le tableau 2-2 : « Pour le carton seulement : l'incinération des boues de traitement du lixiviat produit par la décomposition / Exclu (cette étape n'est pas réalisée dans le contexte québécois) »	Fermé
HIT21	29	2.8		Tech	Critique	« Il est à noter qu'aucun critère d'inclusion ou de coupure n'a été appliqué pour la présente étude : toutes les données	Décrire le critère d'inclusion.	Mention supprimée (commentaire BA 7). Il n'y a pas de critère d'inclusion/de coupure appliqué uniformément comme écrit ici	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						disponibles ont été intégrées au modèle. » Or, certaines données disponibles ont été exclues selon le tableau 2-2, comme le traitement du lixiviat ou les emballages de machinerie. Un critère d'inclusion a donc été appliqué.		en 2.8. La justification de certaines exclusions du tableau 2.2 a été reformulée.	
HIT22	30	2.10		Tech	Suggestion	« Il s'agit d'une méthode régionalisée, contrairement aux méthodes ReCiPe, CML ou ILCD qui tiennent plutôt compte du contexte européen. » La méthode ReCiPe 2016, inclut des facteurs mondiaux pour plusieurs indicateurs.	Nuancer cette affirmation.	Ajouté : « Il s'agit d'une méthode dont la couverture est globale, contrairement aux méthodes CML, ILCD ou encore TRACI (pour ne citer que celles-ci) dont les facteurs de caractérisation sont établis en contexte européen ou américain (pour TRACI). De plus IMPACT World+ est une méthode régionalisée. »	Fermé
HIT23	31-32	2.10		Tech	Suggestion	Comment l'exclusion de l'écotoxicité aquatique à long terme est susceptible d'affecter la comparaison des produits à l'étude.	Ajouter une explication.	Cela viendrait fausser les résultats à cause de la très forte incertitude associée à cet indicateur pour certains flux élémentaires tels les métaux, dont l'inventaire est aussi très incertain. Ajouté : « Dans le cas de l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i>, il est à noter que la catégorie <i>Écotoxicité de</i>	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								<i>l'eau douce, long terme est exclue du résultat total fourni (mais l'ajout de cette catégorie est testé en analyse de sensibilité, section 3.5). Cette catégorie est un contributeur potentiel majeur aux résultats de l'indicateur Qualité des écosystèmes du fait de l'impact des métaux et viendrait donc fausser les résultats pour cet indicateur. »</i>	
HIT24	34	2.11.3		Gén	Important	« En l'absence de données, des analyses de sensibilité ont été réalisées pour vérifier l'effet des hypothèses et des approximations utilisées. » Il n'y a pas d'analyse de sensibilité pour toutes données exclues au tableau 2-2.	Nuancer cette phrase.	Modifié dans le tableau 2-2 les raisons de l'exclusion (HIT 19). Modifié : « Pour certaines données absentes jugées d'importance (avis d'expert), des analyses de sensibilité ont été réalisées pour vérifier l'effet des hypothèses et des approximations utilisées »	Fermé
HIT25	35	2.11.4		Tech	Important	« Réutilisations de 1 à 50 fois des masques réutilisations et durée de port des masques à usage unique (1 à 4 heures pour les procédures à usage unique et <u>2 à 8</u> heures pour les N95 à usage unique). »	Expliquer.	Les scénarios testés dans cette analyse de sensibilité sont de comparer l'UF avec le port du masque à usage unique 2 ou 4 fois moins longtemps que les recommandations de chaque masque. Ajouté : « Réutilisation de 1 à 50 fois des masques	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						Pourquoi 2 à 8 fois et non 1 à 8 fois?		réutilisables et durée de port (divisée par 2 et 4 fois par rapport aux recommandations) des masques à usage unique (1 à 4 heures pour les procédures à usage unique et 2 à 8 heures pour les N95 à usage unique). »	
HIT26	38	3		Ed	Suggestion	« Il présente, pour chacun des cinq masques, le profil simple (<u>masque PLA/cellulose à usage unique</u>) et la comparaison des profils environnementaux pour les...» Pourquoi la parenthèse?	Enlever la parenthèse.	Supprimé	Fermé
HIT27	41	3.1.1		Tech	Important	« Pour l'indicateur Utilisation de ressources minérales , 52% du résultat total net sur le cycle de vie est dû aux extractions de fer, et 41% aux extractions d'argile. » Ça ne semble pas cohérent avec la contribution élevée du polyester décrite à la page précédente pour cet indicateur.	Vérifier et corriger au besoin.	Après vérification, l'erreur était dans le paragraphe précédent sur la contribution du polyester bien surestimée. La justification est aussi liée au commentaire HIT28 sur la contribution de l'argile à l'indicateur utilisation de ressources minérales . Corrigé : « Pour l'indicateur Utilisation de ressources minérales , le premier contributeur est le polypropylène (33 %). »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
HIT28	41	3.1.1		Tech	Suggestion	L'argile contribue en général beaucoup aux résultats de l'indicateur Utilisation de ressources minérales . Pourquoi? Le texte ne permet pas de comprendre la logique derrière cette contribution.	Préciser.	Ajouté dans les limites de l'étude section 3.7 p90 : « Il faut souligner que lorsqu'aucune ressource minérale n'est directement utilisée par les processus de premier plan d'un système étudié, une grande partie des contributeurs au résultat de l'indicateur d'utilisation des ressources minérales est associée aux infrastructures (usines, infrastructures de transport ou d'énergie, machines...). Compte tenu des grandes incertitudes associées à leur modélisation, les résultats de l'indicateur d'utilisation des ressources minérales doivent être pris avec beaucoup de prudence. »	Fermé
HIT29						« Pour l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> , c'est l'utilisation d'électricité qui est la principale contributrice à 90% et pour l' <i>Utilisation des ressources minérales</i> , le principal contributeur est la machine à 90% (four utilisé pour laver le masque). »		Modifié : « Pour l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> , c'est l'utilisation d'électricité qui est la principale contributrice à 90% et pour l' <i>Utilisation des ressources minérales</i> , le principal contributeur est le four utilisé pour laver le masque, pour 90% du score. »	Fermé
HIT30	47	3.1.2.2		Tech	Important	« En conséquence, la presque totalité (≈98 %) du résultat est dû à des	Clarifier.	Après vérification, modification apportée à la section 3.1.1.2 p45 : « Pour l'indicateur <i>Santé humaine</i> ,	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						consommations d'eau ayant lieu en Chine, causant une potentielle indisponibilité de l'eau pour les populations locales. » C'est surprenant, car plus haut à la page 44 que les flux contribuant à cette catégorie ont une contribution individuelle de 5% ou moins. S'il s'agit à 98% d'eau consommée en Chine, seulement quelques flux devraient contribuer.		l'utilisation d'eau en Chine est responsable de 78% du résultat, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont responsables de 5% du résultat. Les autres contributions sont toutes inférieures à 2%. »	
HIT31	47-48	3.1.2.2		Tech	Suggestion	« La contribution de la transformation des terres aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque en tissu réutilisable est due à 98% à l'étape d'utilisation du masque (à 99% par la consommation d'électricité provenant de barrage hydroélectrique au Québec). Pour l'occupation des sols contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque en tissu réutilisable, 82% est dû à l'étape d'utilisation du masque (dû à 94% à	Développer sur les hypothèses de transformation et d'utilisation des terres.	D'après les informations trouvées dans les dataset (World Food Database pour le coton). Ajouté pour la transformation des terres : « L'hydroélectricité implique la transformation de terre (prairies, landes, graviers) en réservoir, c'est-à-dire des zones de lac artificiel principalement, ainsi qu'en des zones industrielles pour le barrage et les infrastructures.» Ajouté pour l'occupation des terres : « Pour l'occupation des sols contribuant aux résultats obtenus sur	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						l'utilisation d'électricité provenant de barrage hydroélectrique au Québec) et 15% vient de l'étape de production de matériaux (dû à la culture du coton à 72%). »		l'indicateur <i>Qualité des écosystèmes</i> pour le masque en tissu réutilisable, 82% du score est dû à l'étape d'utilisation du masque (dû à 94% à l'électricité via les surfaces immergées associées à la production hydroélectrique au Québec), et 15% vient de l'étape de production de matériaux (dû à la culture du coton pour 72%). Pour le coton, les terres sont occupées comme culture irriguée annuelle. »	
HIT32	48	3.1.3		Ed	Suggestion	« Le masque de procédure à usage unique obtient des scores plus élevés que le masque en tissu réutilisable de 56% à 98%, selon les indicateurs. »	Changer pour « Le masque <u>en tissu réutilisable</u> obtient des scores plus <u>faibles</u> que le masque <u>de procédure à usage unique</u> de 56% à 98%, selon les indicateurs. »	Modifié	Fermé
HIT33	54	3.2.1.2		Tech	Suggestion	« Pour la production des matériaux du masque N95 réutilisable, les trois principaux contributeurs pour les indicateurs <i>Santé humaine, Qualité des écosystèmes, Changement climatique et Utilisation d'énergie fossile et nucléaire</i> sont le polycarbonate (45% - 50%), le polyamide (20% - 30%) et le <u>tétrafluoroéthylène</u> (2% -	Mentionner ce matériau à la section 2.2.3.	Ajouté : « D'après les informations récoltées auprès du fabricant, le filtre est en polytéréphtalate d'éthylène avec une couche de téflon (tétrafluoroéthylène),... »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						22%). » On ne mentionne pas ce matériau à la section 2.2.3.			
HIT34	54	3.2.1.2		Tech	Important	« Pour la phase d'utilisation du masque, le principal contributeur pour tous les indicateurs est la <u>phase</u> de nettoyage à l'eau et au savon (63% à 89%) et cette phase est la plus <u>contribuée</u> par <u>l'utilisation de savon</u> (75% à 100%) pour tous les indicateurs sauf Utilisation de ressources minérales (utilisation d'eau à 67%). » Utiliser le mot étape plutôt que phase (phase de l'ACV vs étape du cycle de vie). Utiliser dominée plutôt que contribuée. Que veut-on dire par utilisation de savon? Est-ce sa production ou les émissions à l'eau? Comment l'eau contribue à l'utilisation de ressources minérales?	Modifier ce passage en conséquence.	Modifié : «Pour l'étape d'utilisation du masque, le principal contributeur pour tous les indicateurs est l'étape de nettoyage à l'eau et au savon (63% à 89%) et cette phase est dominée par la production du savon (75% à 100%) pour tous les indicateurs sauf Utilisation de ressources minérales (distribution de l'eau à 67%). » Il s'agit de la production du savon et pas de son utilisation. Pour l'eau, le principal contributeur pour l'utilisation de ressources minérales est le fer dû au système de distribution (Water supply network).	Fermé
HIT35	59	3.2.3		Ed	Suggestion	« Le masque de N95 à usage unique présente des scores plus élevés que le masque N95 réutilisable, de 67% à 83% selon les indicateurs. »	Revoir la phrase. HIT2022-05-31 : voir commentaire HIT5. Les impacts du masque N95 à usage unique ne sont pas	Formulation uniformisée avec la section 3.1.3. Modifié : « Le masque N95 réutilisable obtient des scores	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							67% plus élevés que ceux du N95 réutilisable (100%/33%-1~+200% ou encore on peut dire qu'ils sont 3 fois plus élevés). Corriger les % ou utiliser la formulation de la section 3.1.3 (commentaire HIT32).	plus faibles que le masque N95 à usage unique de 66% à 81% selon les indicateurs. »	
HIT36	61	3.3.1	Figure 3-13	Tech	Critique	On peut voir une contribution négative de la fin de vie pour les indicateurs Santé humaine et Qualité des écosystèmes. À quoi correspond ce crédit?	Vérifier la cohérence avec l'approche d'allocation de recyclage choisie (coupure) et modifier en conséquence.	La contribution négative ne venait pas du recyclage mais d'une partie du CO2 biogénique séquestré par la biomasse à l'origine du PLA réémis lors de la décomposition durant l'enfouissement en fin de vie. Après vérification, le flux a été corrigé de CO2 fossile à CO2 biogénique qui n'est pas caractérisé dans IMPACT World+. Les résultats ont été recalculés, les graphiques et les explications à la section 3.3 modifiés.	Fermé
HIT37		3.3		Tech	Critique		Justifier l'exclusion des flux de CO2 biogénique pour le masque PLA/cellulose et ajouter dans les limites de l'étude. HIT2022-05-31 : Ma compréhension est que	L'exclusion des flux de CO2 biogénique est basée sur une considération temporelle, tout se passant dans un intervalle de temps suffisamment court (quelques années maximum), le carbone	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							<p>l'étude considère un horizon de temps suffisamment grand pour que tout le carbone se décompose en CO2 et CH4 lorsque le masque est enfoui. Donc, il n'y a pas de séquestration nette due à l'enfouissement à considérer. Si c'est bien cela, seulement ajouter une phrase à la section 2.10.2 à ce sujet.</p> <p>HIT2022-06-17 : La quantité de CO2 biogénique séquestrée à la page 64 semble être en fait le carbone seulement. Convertir en CO2.</p>	<p>capté est réémis rapidement en fin de vie. Ce cycle du carbone court est considéré sans effet net sur le forçage radiatif, et le CO2 biogénique, capté par la biomasse et réémis en fin de vie n'est pas caractérisé. Néanmoins, le carbone biogénique qui se retrouverait dans du CH4 biogénique en fin de vie est comptabilisé (avec un facteur de caractérisation ajusté, conformément aux PRG du GIEC utilisés dans la méthode).</p> <p>La section 2.10.2 a été ajoutée et modifiée pour définir la comptabilité du carbone biogénique.</p> <p>Concernant le PLA : en fin de vie, le PLA se dégrade peu en site d'enfouissement (-1%). 3 références ont été ajoutées.</p> <p>Ajouté dans la section 2.2.5 « En fin de vie, le PLA se dégrade très lentement dans les conditions anaérobies d'un site d'enfouissement : 1% sur 100 ans (Kolstad et al., 2012; Krueger et al., 2009), voire pas</p>	

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								<p>du tout selon l'hypothèse de la US EPA (2020). Pour cette étude, il est considéré 1% de dégradation sur l'horizon de temps 100 ans. Pour la fraction dégradée, du CO₂ et du CH₄ de source biogénique sont émis à l'air. La considération de ces émissions de biogéniques sont discutées plus loin (voir section 2.10.2). Le reste du carbone de la fraction non dégradée est considéré comme séquestré dans le site d'enfouissement et rapportée séparément. »</p> <p>Après vérification, la quantité mentionnée est bien en g CO₂/UF. Néanmoins, une coquille s'était glissée, la valeur a été modifiée pour 5,44gCO₂/UF.</p> <p>D'après Vink, E. T., & Davies, S. (2015). Life cycle inventory and impact assessment data for 2014 Ingeo™ polylactide production. <i>Industrial Biotechnology</i>, 11(3), 167-180. et US EPA 2020 : 1,83 kgCO₂/kg PLA est retiré de l'environnement et incorporé dans le polymère (« In other words, the fundamental</p>	

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								intrinsic material carbon footprint value proposition for PLA is the CO ₂ removal from the environment and incorporation into the polymer molecule in harmony with nature's biological carbon cycles. Specifically, the value for PLA is 1.83 kg of CO ₂ /kg PLA"). Donc 1,83 x 0,99 (seulement 1% dégradation sur 100ans) x 1,5g PLA/masque x 2 masques/UF = 5,44g CO ₂ /UF	
HIT38						« Il est à noter que les substances contribuant aux résultats obtenus sur l'indicateur <i>Écotoxicité de l'eau douce, long terme</i> sont des émissions de métaux et principalement (>77 % pour les cinq masques) des émissions d'aluminium dans l'eau. » Considérant que le masque de tissu n'a pas de barre nasale en aluminium selon sa description à la page 21, ce résultat me semble surprenant.	Vérifier et modifier le rapport en conséquence.	Après vérification, le résultat est correct mais dans le cas du masque en tissu réutilisable ces émissions d'aluminium dans l'eau viennent principalement de l'étape d'utilisation avec la fabrication du four et l'utilisation d'électricité.	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
HIT39		3.5.6	82	Ed	Suggestion	« Cette analyse de sensibilité réévalue donc les résultats du masque N95 selon <u>les trois scénarios de fin de vie</u> , lorsque celui-ci est fabriqué aux États-Unis, en Ontario ou au Québec. » Je crois qu'il s'agit d'un passage de la phase 1 de l'étude.	Corriger.	Modifié : « Cette analyse de sensibilité réévalue donc les résultats du masque N95, lorsque celui-ci est fabriqué aux États-Unis, en Ontario ou au Québec. »	Fermé
HIT40		3.5.6	82	Ed	Suggestion	« 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. »	Expliquer le choix de ces distances.	Exemple de site de fabricant de masque N95 à usage unique : Ontario : Site 3M à Brockville, ON. Québec : Site 3M de Montréal, QC. US nord-est : Site 3M à Détroit, Livonia, MI. La distance entre ces sites et la moyenne pondérée par population Québec-Montréal a été utilisée. Pas d'ajout dans le texte pour ne pas surcharger (mention de Nord-Est des États-Unis plus haut dans le texte).	Fermé
HIT41		3.5.6	82	Ed	Important	« 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	Corriger.	Modifié : « 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	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						normalisés sont peu différenciés (moins de 10 % de différence). » À l'exception de l'indicateur Utilisation des énergies fossile et nucléaire		de 10 % de différence), sauf pour l'utilisation d'énergie fossile et nucléaire : 16% de différence entre Québec et Ontario. »	
HIT42		3.5.6	83	Ed	Important	« Les résultats pour la Chine sont <u>plus élevés</u> d'environ 30% pour les indicateurs <i>Changement climatique</i> , <i>Santé humaine</i> et <i>Qualité des écosystèmes</i> . » Les résultats pour la Chine sont en fait 100%/68%-1=47% plus élevés que ceux de l'Ontario pour <i>Changement climatique</i> . Étant donné que la référence est la Chine, on devrait plutôt écrire « Les résultats pour l'Ontario, le QC et les USA sont environ 30% plus bas ... »	Modifier en conséquence. HIT2022-05-31 : voir commentaire HIT5. C'est soit les impacts des N95 US/ON/QC ont environ 30% moins d'impact que celui de la Chine ou bien le N95 de la Chine a environ 45% plus d'impacts que ceux de US/ON/QC.	Modifié : « Les résultats pour l'Ontario, le Québec et les États-Unis, comparativement à ceux de la Chine, sont plus bas d'environ 30% pour les indicateurs <i>Changement climatique</i>, <i>Santé humaine</i> et <i>Qualité des écosystèmes</i>. Pour l'indicateur <i>Utilisation des ressources minérales</i>, et <i>Utilisation d'énergie fossile et nucléaire</i> les résultats sont peu différenciés (moins de 10%). »	Fermé
HIT43		3.5.6	83	Ed	Important	« Dans le cas d'utilisation de N95 à usage unique, l'approvisionnement depuis le Québec a les résultats les plus faibles. » Tel que mentionné dans le texte, il y a très peu de différence entre les résultats ON, QC et USA. Cette conclusion n'est donc pas valide.	Modifier le texte en conséquence.	Modifié : « Dans le cas d'utilisation de N95 à usage unique, l'approvisionnement depuis le Québec, l'Ontario ou les États-Unis montre des résultats plus faibles que ceux de l'approvisionnement depuis la Chine. »	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
HIT44	83	3.5.7		Gen	Critique	<p>« Dans le cas de base, suivant les informations fournies par le fabricant, l'acide polylactique utilisé dans la fabrication des masques PLA/cellulose à usage unique vient de Chine. »</p> <p>Ma compréhension est que Le PLA de Chine a été modélisé à l'aide d'une donnée US utilisant du maïs. Est-ce représentatif du PLA chinois? Quelles modifications à la donnée US ont été faites pour améliorer la représentativité?</p>	Vérifier la représentativité du PLA à partir de maïs pour le cas chinois. Si ce ne l'est pas, considérer modifier la modélisation. Ou encore ajouter cet aspect aux limites de l'étude, donner un score de représentativité moins bon pour la donnée de PLA dans l'analyse de qualité des données et expliquer comment cette modélisation contribue à l'atteinte des objectifs de l'étude.	Le PLA chinois a été modélisé en se basant sur le modèle du PLA US mais les données ont été adaptées au contexte chinois notamment le maïs utilisé (maïs CN), ainsi que l'électricité et la chaleur. Cette donnée a été modifiée après confirmation du fabricant que le PLA venait bien de Chine et provenait bien de maïs. Représentativité modifiée dans la qualité des données.	Fermé
HIT45	84	3.5.8		Tech	Important	Pour les scénarios utilisant des lingettes, on pourrait s'attendre à un impact comparable avec le masque à usage unique, dépendamment si la masse des lingettes est de l'ordre de celle d'un masque à usage unique.	Ajouter la masse des lingettes dans la description des scénarios. HIT2022-05-31 : En vérifiant les calculs dans l'annexe C en lien avec ce commentaire, j'ai détecté une erreur : dans l'onglet « Masque N95 conventionnel », processus B.1, il semble que la masse de polypropylène soit partiellement double-comptée avec le processus « z. Textile, non-woven	Ajouté dans la section 2.2.3 lors de la présentation des techniques de lavage : « il existe différentes techniques de nettoyage recommandées par le fabricant : i) l'utilisation d'eau et savon puis une stérilisation par autoclave, ii) l'utilisation de peroxyde d'hydrogène à 3%, iii) l'utilisation d'une solution de blanchiment au chlore à 10%, ou iv) l'utilisation de lingettes (type Sani-Cloth ou	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							polypropylène {CN} textile production, non woven polypropylène, spun bond Cut-off, U - created from IN ». Le nom du processus n'indique pas que l'input de PP a été enlevé. Vérifier et corriger en conséquence.	CaviWipes, masse de 5,2 grammes). » En effet, le PP était doublement compté. Le modèle a été ajusté, les résultats recalculés. Les graphiques et le texte des sections 3.2.1.1 et 3.2.2 modifiés ainsi que les tableaux S-2 et 3.2. Les annexes C,D,E modifiées en conséquence.	
HIT46						Le rapport contient beaucoup d'informations en annexes, mais peu d'explication sur la modélisation des systèmes dans le corps du texte.	-	Mis en annexe pour alléger la lecture, mais toutes les informations sont dans le rapport. Au besoin, certains tableaux peuvent être mis dans le corps du texte.	Fermé
HIT47	86	3.5.9		Ed	Suggestion	Il semble manquer des analyses de sensibilité dans les listes.	Modifier le texte en conséquence.	Modifié en section 3.5 et 3.5.9	Fermé
HIT48	90	4.1		Tech	Important	« L'objectif étant d'identifier les obstacles à la mise en place d'une solution plus environnementale pour la protection des utilisateurs, il est proposé d'évaluer les coûts directs des modes de protection pour un utilisateur. » Dans un contexte institutionnel, j'ai	Clarifier ce point.	Dans notre cas, nous considérons que c'est l'institution l'utilisateur. C'est l'institution qui va prendre à sa charge l'achat et l'entretien des masques, ainsi que l'achat au besoin des équipements de nettoyage. Tous les coûts sont établis suivant ce raisonnement.	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						l'impression que l'utilisateur ne paie pas nécessairement le masque qu'elle ou il utilise ni le coût d'entretien. Il s'agirait donc du coût pour l'institution. Ou bien considère-t-on que l'institution est l'utilisatrice ?		Modifié : « L'objectif étant d'identifier les obstacles à la mise en place d'une solution plus environnementale pour la protection des utilisateurs (les institutions), il est proposé d'évaluer les coûts directs des modes de protection pour un utilisateur. »	
HIT49	93	4.3	4-2	Tech	Suggestion	Le total pour le N95 « grande quantité » ne correspond pas à la somme des coûts (0.60\$ vs 0.61\$)	Corriger ou ajouter une mention disant que les totaux peuvent ne pas correspondre à la somme des montants intermédiaires en raison des arrondis.	Ajouté : « Les totaux peuvent ne pas correspondre à la somme des montants intermédiaires en raison des arrondis. »	Fermé
HIT50	93	4.3	4-2 (et 4-3)	Tech	Important	Pour plusieurs lignes, le lecteur n'est pas en mesure de relier la colonne coût d'achat et coût/UF. Ex. le coût du masque en tissu réutilisable.	Ajouter une colonne à droite du coût d'achat pour y afficher le facteur multiplicateur. Ex. la masse du masque pour le coût d'enfouissement. HIT2022-05-31 : Grâce à la nouvelle colonne, j'ai effectué d'autres vérifications et voici quelques points : - Tableaux 4-2 et 4-3, Masque en tissu réutilisable : le nb de masques est 1/50 et non 1 masque. Aussi, je n'arrive pas au coût/UF en	Ajouté dans le tableau 4-2 section 4.3 et tableau 4-3 section 4.4. Modifié dans les tableaux 4-2 et 4-3. Pour le coût des masques réutilisables, il a été pris une moyenne des prix les plus bas suivant 2 fournisseurs pour de petites et grandes quantités (7,99\$+13,75\$ /2 /100 utilisations = 0,11\$ et 9,99+27,50 /2 /100 = 0,19\$).	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							<p>utilisant la médiane de la fourchette de prix.</p> <p>- Tableaux 4-2 et 4-3, Masque N95 réutilisable : le nb de masques est 1/50 et non 1 masque.</p> <p>- Tableau 4-3, Masque en tissu réutilisable : le nb de masques récupérés est 1/50 et non 1 masque. Aussi, le total des % indiqué est 102%.</p> <p>- Tableau 4-3, Masque N95 conventionnel : les % ne fonctionnent pas.</p> <p>- Tableau 4-3, Masque N95 réutilisable : le nb de masques récupérés est 1/50 et non 1 masque.</p> <p>HIT2022-06-17 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aux tableaux 4-2 et 4-3, dans la colonne coût d'achat, changer les chiffres du masque en tissu réutilisable pour les valeurs utilisées dans le calcul (9,99-27,5 et 7,99\$-13,75\$). À la limite ajouter une note pour indiquer que des masques plus chers sont sur le 	<p>Modifié et ajouté p100 : « Ce coût d'achat peut évoluer suivant les modèles, des modèles plus onéreux sont disponibles sur le marché, mais n'ont pas été considérés ici. »</p> <p>Des changements ont été apportés concernant le nombre de réutilisations du masque en tissu réutilisable passant de 50 à 100 réutilisations, les tableaux 4.2, 4.3, la figure 4.1 et les conclusions ont été modifiés).</p>	

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
							<p>marché mais n'ont pas été considérés.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tableau 4-3, masque N95 : le total des % est à 124%. Changer pour 100%. 		
HIT51	6	5		Ed	Critique	« L'utilisation de masques réutilisables est donc conseillée d'un point de vue environnemental. » Les types de masque à l'étude sont très précis. Il faut donc être plus précis dans les conclusions de l'étude qui ne peuvent pas être généralisées à d'autres types de masques que ceux étudiés.	Nuancer cette conclusion.	Modifié : « Pour les modèles de masques étudiés dans cette étude, l'utilisation de masques réutilisables est donc conseillée d'un point de vue environnemental. Cette étude ne peut pas être généralisée à l'ensemble des masques réutilisables et à usage unique sur le marché.»	Fermé
HIT52	6	5		Ed	Suggestion	« L'analyse économique a permis de comparer les coûts directs pour l'utilisateur des masques à l'étude. Il en ressort principalement que le coût des masques réutilisables est très sensible aux nombres de réutilisations qui en sont faites. Outre l'achat, les coûts de nettoyage pour les masques réutilisables ou de récupération pour les	Préciser les conclusions économiques. HIT2022-05-31 : Je ne vois plus de conclusions économiques dans la section 5.	Ajouté dans la conclusion : « L'analyse économique a permis de comparer les coûts directs pour l'utilisateur des masques à l'étude. Il en ressort principalement que le coût des masques réutilisables est très sensible aux nombres de réutilisations qui en sont faites. Les masques réutilisables sont moins chers à partir de 34 réutilisations lors d'achat en petite quantité (moins de 100 masques), et 7% à 15% moins cher lors d'achat en grande quantité	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire*	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						masques à usage unique sont aussi des contributeurs importants. » Ces conclusions ne concernent que deux des 6 points présentés dans le sommaire.		(plus de 10000 masques) comparativement respectivement aux masques N95 à usage unique et de procédure à usage unique. Le coût des masques est toujours inférieur lors d'achat en grande quantité. Outre l'achat, les coûts de nettoyage pour les masques réutilisables (représentant 13% à 29% du coût) ou de récupération pour les masques à usage unique (représentant 25% à 35%) sont aussi des contributeurs importants. »	
HIT53	8	6		Ed	Suggestion	La référence Krueger et al. 2009 ne semble pas être citée dans le document.	Enlever ou citer dans le document. Vérifier le reste de la liste de références.	Retiré et vérifié.	Fermé
HIT54		Annexe C	Onglet Masque N95 réutilisable , ligne 56	Tech	Suggestion	L'UF de ce processus (transport) est de 11 unités.	Vérifier et corriger s'il y a lieu.	Corrigé, après vérification cette étape étant particulièrement négligeable (0,2%) l'ensemble des résultats n'ont pas été recalculés.	Fermé
HIT55		Annexe C	Onglet Masque en tissu réutilisable , ligne 69	Tech	Critique	L'allocation utilisée pour la fabrication de l'équipement se base sur le temps d'utilisation. Or, si l'appareil n'est pas constamment en fonction, cette méthode sous-estime la portion allouée à un nettoyage.	Mieux d'écrire dans le rapport comment serait fait le nettoyage (ex. machine dédiée au nettoyage ou partageant d'autres fonctions?) et justifier l'allocation.	Après vérification, l'allocation pour l'équipement de nettoyage (four) a été modifiée en utilisant le nombre de cycles par durée de vie (5000 cycles). À raison de 37 masques par cycle et un poids de 40kg du four. Le résultat donne 0,000216kg/masque.	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								L'ancienne allocation donnait un résultat de 0,000228kg/masque. La différence est d'environ 5%. L'ensemble des résultats et des figures n'ont pas été modifiés.	
HIT56		Annexe C	Onglet Masque en tissu réutilisable , ligne 70	Tech	Critique	L'électricité pour le nettoyage du masque est multipliée par le rapport entre le volume d'un masque et celui du four. Pourquoi? Si un seul masque est nettoyé à la fois, il n'y a pas lieu d'effectuer cette allocation.	Corriger.	Dans un milieu institutionnel, on considère que le nettoyage est optimisé et que les masques ne sont pas lavés un par un mais à pleine capacité de l'équipement de nettoyage.	Fermé
Nouveaux commentaires sur la version du rapport du 16 mai 2022									
DB 3	20	2.2.4	image	ed	Suggestion	L'image du masque en tissus réutilisable devrait se retrouver après le numéro de la section	Déplacer l'image un peu plus bas dans le texte	Modifié	Fermé
DB4	20	2.2.4	1	tech	Important	Seul un modèle de « masque de qualité » certifié par le BNQ en date du 24 mai 2022 (https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/protection-et-surete/masques-destines-aux-milieus-de-travail.html)	Modifier le texte	En effet un seul masque est attesté par le BNQ comme mentionné dans ce lien. Néanmoins après un échange avec le groupe de travail SAT COVID-19 de l'institut national de santé publique du Québec, ils nous ont mentionné un deuxième masque qu'ils considèrent comme masque de qualité car il répond aux exigences de la norme EN-	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								14683 : 2019 II R (https://solutions.frettdesign.ca/fr/). Ce 2ème masque est utilisable en milieu de travail selon l'INSPQ et la CNESST.	
DB 5	partout			tech	Critique	<p>Selon la certification du masque N95 réutilisable retenu, le nombre de réutilisation est de 100 pour le mode de nettoyage retenu pas de 50 (https://mi-integration.com/produit/le-respirateur-dorma99/).</p> <p>Même situation pour le masque Eco-99 en tissus. (http://www-cert.criq.qc.ca/documents/n c/fr_3942ann220201.pdf)</p>	Revoir le texte en son ensemble	<p>Concernant le masque N95 réutilisable, le masque retenu pour cette étude est le modèle Dorma 95 qui peut être utilisé pour remplacer un masque N95 conventionnel. Le guide d'utilisateur du Dorma95 (https://dormafiltration.com/wp-content/uploads/2021/05/D95-GUIDE-DE-LUTILISATEUR-WEB-FR-1.pdf) mentionne : « L'APR Dorma 95 peut être nettoyé pour être réutilisé jusqu'à 50 fois [...] Cet APR est destiné à être nettoyé (selon le Guide de l'utilisateur) et réutilisé jusqu'à 50 fois. Cet APR doit être jeté après 50 utilisations. »</p> <p>Pour le masque en tissu réutilisable, en effet le masque a obtenu une nouvelle certification et est réutilisable maintenant 100 fois. L'ensemble du rapport a été modifié en conséquence,</p>	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
								tous les résultats concernant les masques en tissu réutilisable ont été recalculés, les figures modifiées (notamment les parties 2.2.4, 2.4, 3.1.1.2, 3.1.2.2, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.).	
Nouveaux commentaires sur la version du rapport du 23 juin 2022									
HIT57	5 et 106	Sommaire et 5		Ed	Important	« Pour le masque N95 à usage unique, des résultats plus élevés sont obtenus dès 9 réutilisations du masque N95 réutilisable. Le masque de procédure à usage unique obtient des résultats plus élevés pour certains indicateurs dès que le masque en tissu réutilisable est utilisé plus de 13 fois . » Selon la tournure de phrase avec « dès » et les conclusions de l'analyse de sensibilité de la page 80, les résultats sont plus élevés pour les masques à usage unique dès 8 et 4 fois pour les masques N95 et en tissu respectivement.	Modifier le rapport en conséquence. Corriger les mêmes chiffres dans la conclusion.	Modifié	Fermé
HIT58	5-6 Et 94	Sommaire et 3.8		Ed	Important	« Enfin, les résultats obtenus mettent en évidence que le traitement de fin de vie (en	Modifier le rapport en conséquence.	Modifié	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						site d'enfouissement) du masque représente moins de 5 % des scores d'impact obtenus pour tous les indicateurs, et quel que soit le masque, à l'exception du score pour le changement climatique du masque PLA/cellulose à usage unique (14%). » Est « jusqu'à 23% » selon l'annexe E.			
HIT59	6 et 94	Sommaire et 3.8		Ed	Important	« En particulier, la production des matériaux contenus dans les masques représente entre 59 % et 95 % (selon les indicateurs) des résultats d'indicateurs obtenus pour les masques à usage unique ». Est « 57% et 93% » selon l'annexe E.	Modifier le rapport en conséquence.	Modifié	Fermé
HIT60	45	3.1.1.2		Ed	Important	« Pour le masque en tissu réutilisable, hormis l'étape de production des matériaux et d'utilisation, toutes les autres contributions pour tous les indicateurs sont négligeables (<1%), sauf la production de l'emballage à 4% et 3% respectivement dans l'indicateur Utilisation d'énergie fossile et nucléaire (dû au film plastique à 72%)	Modifier le rapport en conséquence.	Modifié	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						et dans l'indicateur Changement climatique (dû au film plastique à 52%). » Est « <2% » selon l'annexe E.			
HIT61	94	3.8		Ed	Important	« En particulier, la production des matériaux contenus dans les masques représente entre <u>59 % et 95 %</u> (selon les indicateurs) des résultats d'indicateurs obtenus pour les masques à usage unique et <u>9%</u> - 86% pour les masques réutilisables. ». Est « <u>5%</u> » selon l'annexe E.	Modifier le rapport en conséquence.	Modifié	Fermé
HIT62	101	4.3		Ed	Important	« Pour des commandes de gros volumes (comme dans le cadre institutionnel à l'étude, de plus de 10000 unités), les prix des masques de procédure à usage unique est 31% supérieur à celui des masques en tissu réutilisable (à condition que le masque en tissu réutilisable soit réutilisé 100 fois) et le masque N95 à usage unique a toujours un prix supérieur que le N95 réutilisable, mais que de 7 % (toujours à condition que le masque réutilisable soit	Modifier le rapport en conséquence.	Modifié	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						réutilisé au maximum de sa capacité : 50 réutilisations). » Devrait être « Pour des commandes de gros volumes (comme dans le cadre institutionnel à l'étude, de plus de 10 000 unités), le coût des masques de procédure à usage unique est 46 % supérieur à celui des masques en tissu réutilisable (à condition que le masque en tissu réutilisable soit réutilisé 100 fois) et le masque N95 à usage unique a toujours un coût supérieur que le N95 réutilisable, mais que de 7 % (toujours à condition que le masque réutilisable soit réutilisé au maximum de sa capacité : 50 réutilisations). »			
HIT63	104,105 et 107	4.4, 4.5 et 5		Ed	Important	« Si le scénario en fin de vie est la récupération des masques pour être acheminé à des centres de recyclage, les coûts pour l'utilisateur des masques réutilisables changent peu (- 5% de différence) avec le scénario d'enfouissement.	Modifier le rapport en conséquence. Corriger les mêmes pourcentages à la section 4.5 et 5 aussi.	Modifié	Fermé

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						<p>Pour les masques à usage unique en revanche, les coûts augmentent de 35% pour les masques de procédure à usage unique et de 19% pour les masques N95 à usage unique, les coûts de récupération représentant alors respectivement pour ces masques 35% et 25% des coûts. »</p> <p>Devrait être : « Si le scénario en fin de vie est la récupération des masques pour être acheminé à des centres de recyclage, les coûts pour l'utilisateur des masques réutilisables changent peu (-6 % de différence) avec le scénario d'enfouissement. Pour les masques à usage unique en revanche, les coûts augmentent de 53 % pour les masques de procédure à usage unique et de 23 % (grande quantité) pour les masques N95 à usage unique, les coûts de récupération représentant alors respectivement pour</p>			

#	No. de page	No. de chapitre/ No. de section (ex. 3.1)	Paragraphe/ Figure/ Tableau/ Note (ex. Tableau 1)	Type de commentaire *	Importance du commentaire**	Commentaire	Modification proposée	Réponse	Statut (ouvert / fermé)
						ces masques 35 % et 20 % des coûts. »			

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	Commanditaire 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 réaliser 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	CHAMP DE L'ÉTUDE – FONCTION, UNITÉ FONCTIONNELLE ET FRONTIÈRE DU SYSTÈME	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	Manquant mais ne semble pas y avoir de fonctions secondaires autres.	<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"/>

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	Aucun critère de coupure utilisé.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>

Revue critique

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		<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.10	Mention et justification de tout regroupement des catégories d'impact		<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.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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

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	Voir évaluation de la qualité des données	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3	Une description de l'équivalence des systèmes comparés	Voir section unité fonctionnelle	<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"/>