

DANS LE CADRE D'UNE ACV, CONCEPTION D'UN OUTIL D'AIDE À LA SÉLECTION
D'UN JEU DE CATÉGORIES D'IMPACT POUR LES ENTREPRISES EUROPÉENNES
ET NORD-AMÉRICAINES DU SECTEUR TEXTILE

par
Nicolas Thériault

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Sous la direction de
Mme Tatiana Reyes

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, septembre 2011

SOMMAIRE

Mots clés : analyse du cycle de vie, catégories d'impact, évaluation de l'impact du cycle de vie, méthodes d'évaluation des impacts, textile, outil d'aide au choix de catégorie d'impact.

Le cadre méthodologique de l'analyse du cycle de vie (ACV) est divisé en quatre phases. L'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI) constitue la troisième phase. Elle implique l'utilisation de méthodes d'évaluations des impacts (méthodes d'ÉICV) et de catégories d'impact. Or, la sélection d'une ou de méthode(s) d'ÉICV, de même que d'un jeu de catégorie d'impact peut s'avérer difficile pour un non-expert. Vient ajouter à la complexité le fait que chaque secteur d'activité industrielle possède des caractéristiques particulières. Ainsi, les entreprises, n'ayant pas toujours l'expertise souhaitée, pourraient faire des choix erronés lors de la phase d'ACVI, ce qui pourrait éventuellement se traduire par des erreurs de conception. Bien que des outils de comparaison des méthodes d'ÉICV et des catégories d'impact soient actuellement disponibles, aucune ne prend en compte les secteurs d'activité. C'est donc à quoi travaille une équipe de recherche française impliquant une entreprise textile (TF Création), l'Institut Français du Textile et de l'Habillement et l'Université de Technologie de Troyes (le projet T-Soft).

Le présent travail s'inscrit donc dans le cadre du projet T-Soft. L'objectif principal consiste à concevoir un outil d'aide pour les entreprises du secteur textile, afin de les guider lors de la sélection de méthodes d'ÉICV et d'un jeu de catégories d'impact, dans le cadre d'une étude d'ACV. Essentielle à la conception de l'outil d'aide, une grille d'évaluation comparative de six méthodes d'ÉICV européennes et nord-américaines (CML 2002, EDIP 2003, ReCiPe, LUCAS, TRACI et USEtox) pour dix catégories d'impact a d'abord été développée. Celle-ci repose principalement sur un inventaire exhaustif des principales caractéristiques des six méthodes d'ÉICV pour chacune des dix catégories d'impact, préalablement réalisé.

Le résultat final est un outil d'aide innovant qui inclut la notion de secteur d'activité au choix de méthodes d'ÉICV et qui prend la forme d'un tableur Excel[®]. L'outil est parfaitement fonctionnel et il permet aux entreprises textiles européennes ou nord-américaines de se construire un jeu de catégories d'impact, adapté à leur contexte, en répondant à sept questions.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Mme Tatiana Reyes pour son aide et ses précieux conseils tout au long de ce projet qui a pris racine en 2010 en France. Connaissant ton emploi du temps extrêmement chargé, je t'en suis d'autant plus reconnaissant.

Mes sincères remerciements vont ensuite à Bénédicte pour son support « technique » et moral. Mon essai serait de bien moindre qualité si tu n'y avais pas contribué.

Un merci spécial à tous les experts en ACV qui ont pris le temps de répondre à mes questionnaires. Vos réponses sont essentielles, car elles apportent un retour d'expérience direct qui ne se trouve pas dans la littérature.

Enfin, merci à Bruno Chevalier, du Centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable de l'Université de Technologie de Troyes, pour ses commentaires pertinents.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE	4
1.1. Analyse du cycle de vie.....	4
1.2. Cadre méthodologique de l'analyse du cycle de vie	6
1.2.1. Évaluation de l'impact du cycle de vie	7
2. MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE.....	10
2.1. Méthodes d'évaluation des impacts du cycle de vie	10
2.1.1. Méthodes d'évaluation des impacts intermédiaires (<i>mid-point</i>), de dommages (<i>end-point</i>) et hybrides	11
2.1.2. Catégories d'impact.....	13
2.2. Complexité du choix d'une méthode d'évaluation des impacts et de catégories d'impact.....	15
2.3. Limites et état d'avancement des méthodes d'évaluation des impacts et catégories d'impact.....	16
2.3.1. Multitude de méthodes d'évaluation des impacts	17
2.3.2. Nombre de substances prises en compte par les méthodes d'ÉICV	17
2.3.3. Régionalisation des impacts.....	18
2.3.4. Catégories d'impact nécessitant du développement	18
2.4. Méthodes d'évaluation des impacts dans un contexte international	19
3. INVENTAIRE DE SIX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS SELON DIX CATÉGORIES D'IMPACT	20
3.1. Méthodes d'évaluation des impacts sélectionnées	20
3.1.1. CML 2002	21
3.1.2. EDIP 2003	22
3.1.3. ReCiPe.....	22
3.1.4. LUCAS	23
3.1.5. TRACI	23
3.1.6. USEtox.....	24
3.2. Catégories d'impacts sélectionnées	24
3.3. Inventaire des principales caractéristiques des six méthodes d'évaluation des impacts en relation aux dix catégories d'impact	25

3.3.1. Changement climatique.....	26
3.3.2. Déplétion de la couche d'ozone	27
3.3.3. Formation de smog photochimique.....	29
3.3.4. Toxicité humaine	31
3.3.5. Écotoxicité aquatique	33
3.3.6. Acidification.....	36
3.3.7. Eutrophisation aquatique.....	38
3.3.8. Utilisation du territoire.....	40
3.3.9. Consommation des ressources naturelles.....	43
3.3.10. Consommation des ressources en eau	45
4. ÉVALUATION COMPARATIVE DE SIX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS EN FONCTION DE DIX CATÉGORIES D'IMPACT	47
4.1. Méthodologie	47
4.1.1. Questionnaires aux experts en ACV	47
4.1.2. Revue de littérature	48
4.1.3. Sélection et regroupement des critères pour la grille d'évaluation comparative	51
4.2. Critères d'évaluation retenus	52
4.2.1. Bases scientifiques reconnues par rapport aux connaissances actuelles	52
4.2.2. Substances prises en compte	52
4.2.3. Différenciation spatiale géographique (pays, régions, etc.)	52
4.2.4. Pérennité de la méthode d'évaluation des impacts	53
4.2.5. Âge et qualité des données.....	53
4.2.6. Manuel méthodologique	53
4.2.7. Communication interne et externe	54
4.2.8. Différenciation autre que géographique (milieux récepteurs, vecteurs, etc.).....	54
4.3. Grille d'évaluation comparative.....	54
4.3.1. Cotation.....	55
4.3.2. Résultats de la grille d'évaluation comparative.....	57
4.4. Interprétation des résultats.....	58
5. CONTEXTE PROPRE AUX ENTREPRISES DU SECTEUR TEXTILE.....	60
5.1. Portrait de l'industrie du textile	60
5.1.1. Types et classes de fibres.....	61

5.1.2. Étapes de fabrication du textile	62
5.1.3. Principaux impacts environnementaux relatifs au secteur du textile.....	63
5.2. L'analyse du cycle de vie et le secteur du textile.....	66
5.2.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude	66
5.2.2. Inventaire du cycle de vie.....	66
5.2.3. Évaluation de l'impact du cycle de vie	67
5.2.4. Limites méthodologiques de l'ACVI et secteur du textile.....	68
5.3. Législation et écolabels applicables au secteur du textile.....	68
5.3.1. Législation.....	69
5.3.2. Écolabels	69
6. OUTIL D'AIDE À LA SÉLECTION D'UN JEU DE CATÉGORIES D'IMPACT POUR LES ENTREPRISES DU SECTEUR TEXTILE.....	72
6.1. Outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact.....	72
6.1.1. Structure de l'outil d'aide	73
6.1.2. Justification des réponses prédéterminées de la grille de réponses.....	77
6.2. Fonctionnement de l'outil d'aide	78
6.2.1. Exemple d'utilisation de l'outil d'aide	79
6.3. Avantages et limites de l'outil d'aide	82
CONCLUSION.....	84
RÉFÉRENCES	86
ANNEXE 1 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES SOURCES	93
ANNEXE 2 RECENSEMENT DES MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS	95
ANNEXE 3 QUESTIONNAIRE 1 DESTINÉ AUX EXPERTS EN ACV	98
ANNEXE 4 QUESTIONNAIRE 2 DESTINÉ À LA COMMUNAUTÉ INTERNATIONALE DE L'ACV	105
ANNEXE 5 CYCLE DE VIE GÉNÉRIQUE D'UN PRODUIT TEXTILE.....	112
ANNEXE 6 VUE COMPLÈTE DE L'INTERFACE DE L'OUTIL D'AIDE, QUESTIONNAIRE B - AMÉRIQUE DU NORD.....	114

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Les cinq étapes du cycle de vie des produits	5
Figure 1.2	Cadre méthodologique de l'ACV selon ISO 14044	6
Figure 1.3	Éléments de la phase d'ACVI selon ISO 14044	8
Figure 2.1	Catégories d'impact intermédiaires et de dommages sur la chaîne de causes à effets.....	11
Figure 2.2	Relations entre les données de l'ICV, les catégories d'impact intermédiaires et les catégories de dommages dans ReCiPe.....	12
Figure 2.3	Modèle de caractérisation pour la catégorie d'impact « changement climatique »	14
Figure 4.1	Grille d'évaluation comparative des six méthodes d'évaluation des impacts et des dix catégories d'impact	56
Figure 5.1	Principaux textiles selon le type de fibre.....	61
Figure 5.2	Principales étapes de fabrication du textile, tous types de fibres confondus	63
Figure 6.1	Structure schématisée de l'outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact pour les entreprises du secteur textile.....	73
Figure 6.2	Première composante de l'outil d'aide - méthodes d'ÉICV à privilégier ..	74
Figure 6.3	Deuxième composante de l'outil d'aide - questionnaire	74
Figure 6.4	Troisième composante de l'outil d'aide - grille de réponse	75
Figure 6.5	Quatrième composante de l'outil d'aide - résultats.....	75
Figure 6.6	Vue complète de l'interface de l'outil d'aide, questionnaire A - Europe ...	76
Figure 6.7	Question 1 dans l'onglet « Page de départ » pour l'étude de cas de TF Création	80
Figure 6.8	Question Q1A dans l'onglet « Questionnaire A » pour l'étude de cas de TF Création	80
Figure 6.9	Résultats du questionnaire A pour l'étude de cas de TF Création	81
Tableau 1.1	Évolution de l'analyse du cycle de vie	5
Tableau 1.2	Résumé non exhaustif des quatre phases de l'analyse du cycle de vie	7
Tableau 2.1	Catégories d'impact intermédiaires et de dommages	10
Tableau 2.2	Avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation des impacts intermédiaires et de dommages	13

Tableau 3.1	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « changement climatique ».....	26
Tableau 3.2	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « déplétion de la couche d'ozone ».....	28
Tableau 3.3	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « formation de smog photochimique »	30
Tableau 3.4	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « toxicité humaine ».....	32
Tableau 3.5	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « écotoxicité aquatique ».....	34
Tableau 3.6	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « acidification »	37
Tableau 3.7	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « eutrophisation aquatique »	39
Tableau 3.8	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « utilisation du territoire »	41
Tableau 3.9	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « consommation des ressources naturelles ».....	43
Tableau 3.10	Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « consommation des ressources en eau »	46
Tableau 4.1	Compilation des critères possibles pour la grille d'évaluation comparative provenant des questionnaires et de la littérature	49
Tableau 4.2	Regroupement des critères retenus pour la grille d'évaluation comparative	51
Tableau 4.3	Résultats de la grille d'évaluation comparative.....	57
Tableau 4.4	Méthodes d'évaluation des impacts à privilégier selon la catégorie d'impact donnée	58
Tableau 5.1	Catégories d'impact et méthodes d'évaluation des impacts relevées dans les études d'ACV textile et la littérature	67
Tableau 5.2	Exemples d'écolabels pour les produits textiles	70
Tableau 6.1	Résumé des résultats obtenus avec l'outil d'aide pour l'étude de cas de TF Création.....	81

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ACV	Analyse du cycle de vie
ACVI	Évaluation de l'impact du cycle de vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AP	<i>Acidification Potential</i>
CIRAIG	Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services
COV	Composés organiques volatils
CREIDD	Centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable
ÉICV	Évaluation des impacts du cycle de vie (méthodes d'ÉICV)
EINECS	<i>European Inventory of Existing Commercial Substances</i>
EIPPCB	<i>European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau</i>
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
ICV	Inventaire du cycle de vie
IFTH	Institut Français du Textile et de l'Habillement
ILCD	<i>The International Reference Life Cycle Data System</i>
ISO	Organisation internationale de normalisation
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
ODP	<i>Ozone Depletion Potential</i>
OMM	Organisation météorologique mondiale
PAN	Nitrates de peroxyacétyle
PED	Pays en développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
REACH	<i>Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals</i>
RIVM	<i>National Institute for Public Health and the Environment</i>
SETAC	Société de Toxicologie et Chimie Environnementales
U.S. EPA	<i>U.S. Environmental Protection Agency</i>
UTT	Université de Technologie de Troyes

LEXIQUE

Anergie	Partie de l'énergie d'un système qui, dans des conditions thermodynamiques données, ne peut pas être convertie en travail (Québec, 2011).
Caractérisation	Calcul qui implique de convertir les résultats de l'inventaire du cycle de vie en unités communes et d'agréger les résultats convertis au sein de la même catégorie d'impact. Cette conversion utilise des facteurs de caractérisation (ISO, 2006b).
Catégorie d'impact	Classe représentant les impacts environnementaux (écotoxicité aquatique, changement climatique, déplétion de la couche d'ozone, etc.) étudiés à laquelle les résultats de l'inventaire du cycle de vie peuvent être affectés (ISO, 2006b).
Exergie	Quantité maximale de l'énergie d'un système qui, dans des conditions thermodynamiques données, peut être convertie en travail. L'exergie est la différence entre l'énergie et l'anergie d'un système (Québec, 2011).
Facteur de caractérisation	Facteur établi à partir d'un modèle scientifique et utilisé pour convertir les résultats de l'inventaire du cycle de vie en unité commune (ISO, 2006b). Par exemple, pour la catégorie d'impact « changement climatique », le facteur de caractérisation est le potentiel de réchauffement global pour chaque gaz à effet de serre.
Indicateur de catégorie	Représentation quantifiable d'une catégorie d'impact (ISO, 2006b). Par exemple, pour la catégorie d'impact « changement climatique », l'indicateur de catégorie correspond au forçage radiatif infrarouge

(W/m²) et le résultat de l'indicateur sera communiqué en kg équivalent CO₂.

Mécanisme environnemental

Ensemble de processus chimiques, biologiques et physiques reliant les données de l'inventaire du cycle de vie aux indicateurs de catégorie d'impact (ISO, 2006b).

INTRODUCTION

Avec la prise de conscience grandissante des problèmes environnementaux, l'intégration d'une saine gestion de l'environnement dans nos pratiques industrielles gagne en importance. En réponse à cette réalité, divers outils d'évaluation environnementale se sont développés, tels que l'analyse des risques environnementaux, l'analyse des flux de matière, l'empreinte écologique, etc. Ces outils apportent certaines réponses nécessaires à la prise de décisions éclairée, autant pour les acteurs du domaine public que privé (Finnveden *et al.*, 2009). L'analyse du cycle de vie (ACV) fait partie de ces multiples outils et elle est de plus en plus utilisée par l'industrie privée et le secteur public. Cette tendance risque de s'amplifier, puisque certains pays, dont la France, ont mis de l'avant des projets de loi concernant l'affichage environnemental des produits (Afnor, 2010a). Or, pour qu'une entreprise soit en mesure d'établir et de communiquer les performances environnementales de ses produits, elle devra obligatoirement recourir à l'ACV. Plusieurs secteurs d'activité risquent d'être affectés par ces futures mesures, dont l'industrie du textile. Par exemple, en France, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et l'Afnor ont établi des groupes de travail sectoriels, dont un pour le textile. L'objectif de ces groupes de travail est de définir une méthodologie d'ACV commune et uniforme pour chaque secteur d'activité afin d'assurer que les résultats d'ACV soient comparables entre les catégories de produits d'un même secteur (Afnor, 2010b; Afnor, 2010c). Parmi les points abordés, il y a le choix de méthodes d'évaluation des impacts (méthodes d'ÉICV) et de catégories d'impact (impacts environnementaux). Cela correspond à la troisième phase de l'ACV selon la méthodologie proposée par la norme ISO 14044, soit l'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI) (ISO, 2006b).

L'ACV est un outil relativement complexe et la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie l'est tout autant. En effet, les méthodes d'évaluation des impacts et les catégories d'impact évoluent selon l'état des connaissances scientifiques ayant trait à des domaines aussi variés et pointus que la biochimie, la météorologie, la géologie, etc. Elles reposent donc sur une méthodologie hyperspécialisée et un langage scientifique parfois difficile à maîtriser pour les non-initiés. Par conséquent, pour une entreprise qui ne possède pas nécessairement l'expertise voulue, la sélection d'une méthode d'ÉICV et d'un jeu de catégories d'impact peut s'avérer difficile. D'ailleurs, ce choix n'est pas toujours aisé même pour les experts, qui l'effectuent souvent de façon automatique. Pourtant, la

sélection d'une méthode d'ÉICV et d'un jeu de catégories d'impact peut influencer les résultats d'une ACV. En effet, à partir de mêmes données, deux méthodes d'ÉICV à première vue similaires peuvent conduire à des résultats différents (Finnveden *et al.*, 2009; Dreyer *et al.*, 2003). C'est pourquoi il est essentiel d'offrir des outils pour accompagner les entreprises dans la sélection d'une méthode d'ÉICV et de catégories d'impact adaptée à leurs contextes (nature, secteur d'activité, taille, etc.).

Ainsi, l'objectif de l'essai consiste à concevoir un outil d'aide (chapitre 6) pour les entreprises du secteur textile, quant au choix d'une méthode d'évaluation des impacts et d'un jeu de catégories d'impact. Cet outil contribuera à l'avancement d'un projet de recherche français de plus grande envergure (le projet T-Soft), résultant de la collaboration entre l'entreprise textile TF Création, l'Institut Français du textile et de l'habillement (IFTH) et le Centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable (CREIDD) de l'Université de technologie de Troyes (UTT). L'objectif du projet T-Soft consiste à concevoir un outil pour aider les entreprises à systématiser l'intégration du critère environnemental dans le développement des produits, à travers la réalisation d'ACV. En d'autres mots, rendre l'ACV accessible aux non-experts et ainsi favoriser l'adoption d'une démarche d'écoconception. Le résultat sera un outil d'ACV simplifié qui prendra la forme d'un logiciel d'écoconception (TEKSAJO).

Le travail réalisé dans le cadre de cet essai a donc permis de définir les spécifications techniques du logiciel TEKSAJO. Bien que l'outil d'aide (chapitre 6) n'intègre pas autant de données que ce futur logiciel, il est parfaitement fonctionnel et il peut déjà être utilisé par les entreprises œuvrant dans le secteur textile. Il permet d'aider les entreprises textiles européennes et nord-américaines à faire des choix non arbitraires et adaptés à leurs contextes, lors de la troisième phase de l'ACV, l'évaluation de l'impact du cycle de vie.

Afin de mener à bien la conception de l'outil d'aide présenté au chapitre 6, quatre objectifs spécifiques se devaient d'être atteints. Ils correspondent chacun à un chapitre :

- 1) Dresser un portrait des limites des méthodes d'évaluation des impacts et des catégories d'impact, dans un contexte international – accent mis sur l'Europe et l'Amérique du Nord (chapitre 2);

- 2) Faire un inventaire exhaustif des principales caractéristiques d'un échantillon représentatif de six méthodes d'ÉICV européennes et nord-américaines pour dix catégories d'impact (chapitre 3);
- 3) Développer des critères d'analyse et une grille d'évaluation, afin de comparer les six méthodes d'ÉICV (en relation aux dix catégories d'impact du chapitre 3), afin d'établir la méthode d'ÉICV qui doit être privilégiée pour une catégorie d'impact donnée (chapitre 4);
- 4) Analyser le contexte propre au secteur du textile, afin de cerner les besoins particuliers des entreprises œuvrant dans ce domaine par rapport à l'ACV et la phase d'ACVI (chapitre 5).

Le chapitre 1 se veut quant à lui une brève introduction à l'ACV, avec un accent sur la phase d'ACVI, sujet de l'essai. Le lecteur familier avec le cadre méthodologique de l'ACV et les méthodes d'ÉICV pourra omettre de lire les chapitres 1 et 2.

Par ailleurs, la fiabilité des sources utilisées a été évaluée à l'aide de quatre critères : la provenance de la source, la crédibilité de l'auteur, l'objectivité de la source et la date de la source. Une cote de 1 à 3 était attribuée à chaque critère (1 étant le moins fiable et 3 le plus fiable) et la moyenne des quatre critères donnait la valeur totale de la source. Ainsi, une cote plus élevée a été attribuée aux sources provenant de la littérature scientifique ou d'un auteur cité régulièrement et travaillant pour un organisme reconnu. De même, les sources qui présentent des faits plutôt que des opinions et les sources plus récentes ont eu une meilleure cote, tout en gardant en tête que plusieurs références incontournables datent de plus de dix ans et méritent une cote élevée. Le tableau utilisé pour évaluer les sources est présenté à l'annexe 1.

Enfin, il importe de mentionner qu'un travail semblable au présent essai est actuellement mené par le *Joint Research Centre* (JRC) pour la Commission européenne. Ce travail de référence a servi de base au chapitre 3 et partiellement au chapitre 4. Cependant, les critères développés au chapitre 4 sont orientés vers un utilisateur non-expert contrairement à ce qui a été fait par le JRC. De plus, le travail du JRC, bien qu'il soit rigoureux, ne permet pas de sélectionner des méthodes d'ÉICV et un jeu de catégorie d'impact adapté à un secteur d'activité particulier. L'outil conçu dans le cadre du présent travail franchit donc une étape supplémentaire et vient combler un vide.

1. L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

Le chapitre 1 présente brièvement l'analyse du cycle de vie (ACV), de même que les quatre phases qui la composent. Un accent est mis sur la troisième phase de l'ACV, l'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI), sujet du présent travail. D'ailleurs, les méthodes d'évaluation des impacts (méthodes d'ÉICV), qui sont essentielles à la réalisation de la phase d'ACVI, sont expliquées en détail au chapitre 2. Le lecteur familier avec l'ACV peut donc se rendre directement au chapitre 2 et celui qui maîtrise également les méthodes d'ÉICV peut aller au chapitre 3.

1.1. Analyse du cycle de vie

Selon la norme ISO 14044, l'analyse du cycle de vie est un outil qui :

« (...) traite les aspects environnementaux et les impacts environnementaux potentiels (...) tout au long du cycle de vie d'un produit, de l'acquisition des matières premières à sa production, son utilisation, son traitement en fin de vie, son recyclage et sa mise au rebut (...) » (ISO, 2006b, p. v).

Pour ce faire, l'ACV établit le lien entre les flux de matières découlant du cycle de vie entier d'un produit et les effets environnementaux potentiels qui y sont associés, le tout étant rapporté à la fonction du produit étudié. Le cycle de vie d'un produit est généralement divisé en cinq étapes : (1) l'acquisition des matières premières, (2) la fabrication, (3) la distribution (ou le transport), (4) l'utilisation et (5) la fin de vie (figure 1.1). La notion de cycle de vie propre à l'ACV permet d'éviter les déplacements de pollution lors de la prise de décision. En effet, sans une vision d'ensemble, une amélioration environnementale apportée à une étape du cycle de vie pourrait se traduire par une augmentation des impacts environnementaux à d'autres étapes du cycle de vie et/ou réduire les effets néfastes d'une catégorie d'impact et les augmenter pour d'autres catégories d'impact. Par exemple, les véhicules hybrides ont moins d'impacts lors de la phase d'utilisation (diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES)), mais leur fabrication génère des impacts causés par les métaux lourds utilisés dans les batteries (Boureima *et al.*, 2009; Matheys *et al.*, 2006). Ainsi, l'ACV permet notamment de mettre en exergue les parties du cycle de vie d'un produit ayant le plus d'impacts et d'extraire des pistes d'amélioration en vue de réduire l'impact environnemental global du produit. Dans le cas d'une comparaison (entre des biens, des composantes, des systèmes, des

technologies, etc.), l'ACV permet de déterminer l'option la plus avantageuse d'un point de vue environnemental.

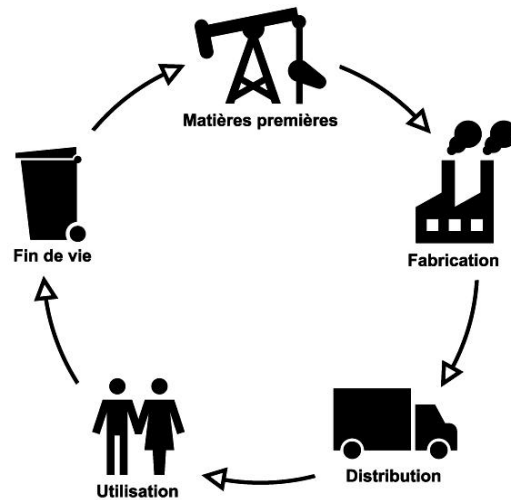


Figure 1.1 Les cinq étapes du cycle de vie des produits.

Historiquement, les bilans, d'abord énergétiques, ont précédé le développement de l'analyse du cycle de vie. Lorsque les premières ACV sont apparues, elles portaient principalement sur les emballages et n'étaient que fragmentaires. En effet, à cette époque la question des emballages et des déchets constituait une préoccupation environnementale importante (Baumann and Tillman, 2004). Par ailleurs, le développement de l'ACV est globalement supporté par trois organisations, soit l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), la Société de Toxicologie et Chimie Environnementales (SETAC) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), plus particulièrement, l'Initiative pour le cycle de vie (Jolliet *et al.*, 2010). Le tableau 1.1 résume de façon non exhaustive l'historique de l'analyse du cycle de vie.

Tableau 1.1 Évolution de l'analyse du cycle de vie (modifié de Jolliet *et al.*, 2010, p. 4).

Années 60 et 70	Premiers bilans énergétiques (la crise de l'énergie de 1973 aura probablement contribué à l'expansion des bilans énergétiques)
	Coca-Cola réalise en 1969 la première étude s'apparentant à un inventaire du cycle de vie afin de déterminer quelle option (bouteille en aluminium ou en verre) a le moins d'impact sur l'environnement
	La publication en 1972 du rapport du Club de Rome, Halte à la croissance?, introduit le concept de limite au développement, basée sur la disponibilité restreinte des ressources
Années 80	Première base de données publique (BUWAL, Suisse)
	Développement de l'analyse du cycle de vie : concept des volumes critiques, approche du berceau au tombeau pour les émissions polluantes

Années 90	Développement des premiers logiciels d'ACV et des bases de données « génériques »
	Le Guide CML de l'Université de Leiden, aux Pays-Bas, est publié en 1992
	La SETAC initie un mouvement de réflexion sur la standardisation de la méthodologie d'ACV (SETAC « code de pratique », groupes de travail de la SETAC)
	<i>L'International Journal of Life Cycle Assessment</i> est fondé en 1996
	Publication de la norme ISO 14040 sur l'ACV
	En 1999, Pré Consultants (Pays-Bas) lance la méthode d'analyse de l'impact environnemental <i>Ecoindicator 99</i>
Années 2000	Lancement de l'Initiative pour le Cycle de vie du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en collaboration avec la SETAC en 2002
	En 2003, arrivés de la méthode d'analyse de l'impact IMPACT 2002+ et de la nouvelle base de données d'inventaire Ecoinvent (Suisse)
	En 2008, publication du modèle de toxicité USEtox

1.2. Cadre méthodologique de l'analyse du cycle de vie

La norme ISO 14044 établit un cadre méthodologique pour réaliser une analyse du cycle de vie. Ce cadre est divisé en quatre phases : 1) la définition des objectifs et du champ de l'étude, 2) l'inventaire du cycle de vie (ICV) (intrants et extrants associés au cycle de vie du bien ou service étudié), 3) l'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI) et 4) l'interprétation des résultats (ISO, 2006b) (figure 1.2). Comme l'indiquent les flèches à la figure 1.2, les quatre phases de l'ACV sont itératives. Par exemple, les objectifs (phase 1) pourraient devoir être revus au cours de l'étude, suite à de nouvelles données émergeant de l'inventaire du cycle de vie (phase 2).

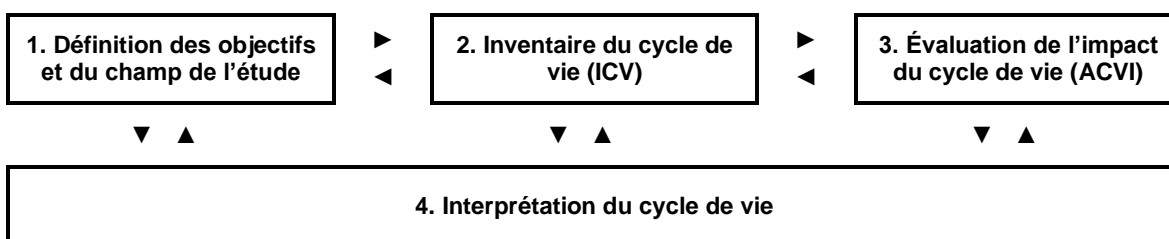


Figure 1.2 Cadre méthodologique de l'ACV selon ISO 14044 (modifié de ISO, 2006b, p. 8).

Les quatre phases de l'ACV sont résumées dans le tableau 1.2. Seule la troisième phase (ACVI) est par la suite détaillée, puisque le présent travail porte sur cette dernière. L'explication de la phase d'ACVI fait référence aux méthodes d'évaluation des impacts et aux catégories d'impact; pour plus de détails, voir le chapitre 2.

Tableau 1.2 Résumé non exhaustif des quatre phases de l'analyse du cycle de vie (compilation d'après Jolliet *et al.*, 2010; ISO, 2006ba; ISO, 2006b; Baumann and Tillman, 2004 et Guinée *et al.*, 2002).

Phase de l'ACV	Tâches à réaliser	Résultats
1. Définition des objectifs et du champ de l'étude	<ul style="list-style-type: none"> • Définir le(s) objectif(s), les limites et le champ de l'étude • Analyser la fonction du produit pour définir l'unité fonctionnelle et le flux de référence • Définir la frontière du système 	Sont énoncés sans ambiguïté : <ul style="list-style-type: none"> • les objectif(s) • l'unité fonctionnelle • l'application envisagée de l'étude • les raisons conduisant à mener l'étude • le public visé par les résultats de l'ACV
2. Inventaire du cycle de vie (ICV)	<ul style="list-style-type: none"> • Faire la collecte de données sur le terrain et/ou utiliser des bases de données telles qu'Ecoinvent, Idemat, etc., afin de quantifier tous les flux traversant le système défini lors de la première phase 	<ul style="list-style-type: none"> • Liste détaillée et quantifiée de tous les intrants et extrants du système (énergie, matières premières, émissions, produits, coproduits, etc.) - la qualité des données de l'ICV a un impact sur l'ACVI
3. Évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI)	<ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner des catégories d'impact et une(des) méthode(s) d'évaluation des impacts • Classifier les émissions et les extractions (attribution des données de l'ICV à des catégories d'impact) • Procéder à la caractérisation • Réaliser d'autres tâches facultatives, telles que la normalisation, le regroupement ou la pondération 	<ul style="list-style-type: none"> • Résultats de l'évaluation de l'impact du cycle de vie • Connaissance des étapes du cycle de vie et des parties du produit ayant le plus d'impacts potentiels sur l'environnement • Connaissance des catégories d'impact les plus affectées
4. Interprétation du cycle de vie	<ul style="list-style-type: none"> • Procéder à l'interprétation des étapes du cycle de vie, des composantes du produit, des matériaux et des substances les plus impactantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Recommandations • Connaissance et énonciation des limites, des incertitudes, de la qualité et de la fiabilité de l'étude • Connaissance des étapes du cycle de vie où il est nécessaire d'intervenir en priorité pour réduire les impacts environnementaux potentiels du produit étudié

1.2.1. Évaluation de l'impact du cycle de vie

L'évaluation de l'impact du cycle de vie consiste à traduire aussi fidèlement que possible les données recueillies lors de l'inventaire du cycle de vie en impacts environnementaux potentiels, puisque les modèles scientifiques demeurent théoriques (Guinée *et al.*, 2002). Par exemple, il sera possible de déterminer la contribution potentielle à l'effet de serre (changement climatique) d'une émission de x kg d'une substance en équivalent CO₂. Pour ce faire, la phase d'ACVI recourt à des méthodes d'évaluation des impacts (expliquées plus en détail au chapitre 2). Il importe de souligner que les choix faits à chaque phase de l'ACV peuvent avoir des conséquences sur l'ensemble des résultats. Si ces choix sont généralement ceux des experts, ce n'est pas le cas pour la phase d'ACVI, où ils reposent sur les connaissances scientifiques sous-jacentes aux méthodes d'évaluation des impacts

(les modèles de caractérisation). Cela constitue une problématique particulière à la phase d'ACVI.

Lors de la phase d'ACVI, la norme ISO 14044 exige qu'une caractérisation soit faite, tandis que les étapes de normalisation et de pondération sont facultatives (ISO, 2006b) (figure 1.3). Il est à noter que le présent travail s'intéresse seulement à la caractérisation, afin que le cadre soit suffisamment concis et les objectifs réalistes.

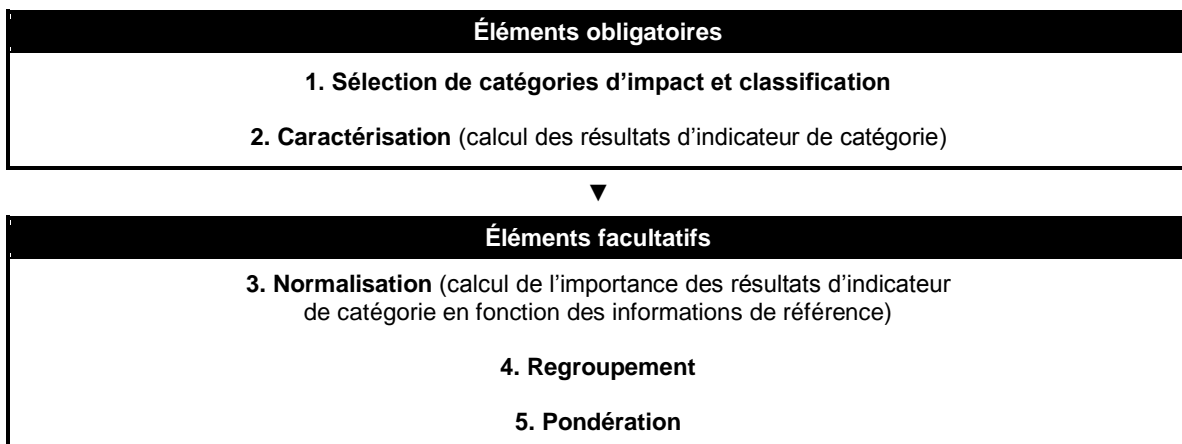


Figure 1.3 Éléments de la phase d'ACVI selon ISO 14044 (inspirée de ISO, 2006b, p. 16).

1) La sélection d'un jeu de catégories d'impact est la première étape obligatoire de la phase d'ACVI. Brièvement, une catégorie d'impact correspond à un impact environnemental, tel que l'acidification, les changements climatiques, la toxicité humaine, etc. ou à un impact sur la santé humaine, les écosystèmes et les ressources, dépendamment qu'il s'agisse d'une catégorie d'impact intermédiaire ou de dommages (voir chapitre 2). Quoi qu'il en soit, la sélection des catégories d'impact doit se faire en respectant quelques règles de base (ISO, 2006b; Baumann and Tillman, 2004; Guinée *et al.*, 2002) :

- les catégories d'impact retenues doivent être justifiées et cohérentes avec les objectifs de l'étude;
- le jeu de catégories d'impact doit couvrir autant que possible tous les problèmes environnementaux importants associés au produit étudié;
- les catégories d'impact sélectionnées doivent être « indépendantes » afin d'éviter un « double comptage ».

La classification consiste à assigner les résultats de l'ICV (les flux) aux catégories d'impact sélectionnées précédemment (Jolliet *et al.*, 2001) (dans la pratique, les méthodes d'évaluation des impacts accomplissent automatiquement cet exercice). Il est à noter que certaines substances peuvent être attribuées à plusieurs catégories d'impact. Par exemple, les NO_x peuvent contribuer à l'acidification, l'eutrophisation et à la formation de smog photochimique (Baumann and Tillman, 2004).

2) La caractérisation permet de quantifier, en unité commune, l'importance des impacts environnementaux potentiels au sein de la catégorie d'impact à laquelle ils ont été associés. À cette fin, les méthodes d'évaluation des impacts utilisent des modèles de caractérisation (et des facteurs de caractérisation). Le présent travail porte essentiellement sur la caractérisation (voir aussi les sections 2.1.1 et 2.1.2).

3) La normalisation est un élément facultatif. Telle que définie dans la norme ISO 14044, la normalisation permet de mieux comprendre l'importance relative de chaque résultat d'indicateur du produit étudié en les comparant à certaines informations de référence (ISO, 2006b). Par exemple, l'information de référence pourrait être l'impact moyen de l'Europe sur les changements climatiques. L'impact du produit pour cette catégorie serait donc mis en relation avec celui de l'Europe.

4) Le regroupement, autre élément facultatif, implique l'attribution des résultats de la caractérisation dans un ou plusieurs ensembles. Un ensemble pourrait être par exemple « impacts globaux/régionaux/locaux » ou encore « impact à haute/moyenne/faible priorité » (*Ibid.*, 2006b).

5) La pondération est le dernier élément facultatif de l'évaluation de l'impact du cycle de vie. Elle permet de déterminer l'importance relative d'un impact environnemental (catégorie d'impact) par rapport à toutes les autres catégories d'impacts. (Baumann and Tillman, 2004).

2. MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE

Le chapitre 2 explique en détail en quoi consistent une méthode d'évaluation des impacts et une catégorie d'impact, de même que la méthodologie sous-jacente. Il expose ensuite pourquoi il peut être difficile de choisir une méthode d'évaluation des impacts dans le cadre d'une ACV. Enfin, les limites des méthodes d'évaluation des impacts sont résumées, en adoptant une perspective internationale. Pour les néophytes, les éléments ici présentés sont essentiels à la compréhension des chapitres suivants. En revanche, le lecteur familier avec les méthodes d'évaluation des impacts peut se rendre directement au chapitre 3.

2.1. Méthodes d'évaluation des impacts du cycle de vie

Les méthodes d'évaluation des impacts permettent de transposer les données de l'ICV (intrants et extrants) d'un produit en impacts potentiels sur l'environnement. Pour ce faire, chaque méthode d'ÉICV comporte plusieurs catégories d'impact, telles que l'acidification, les changements climatiques, la toxicité humaine, etc. Ces catégories d'impact reposent sur des modèles scientifiques de causes à effets qui permettent de modéliser le devenir de chaque substance, de son émission (ou de son extraction) jusqu'à son impact potentiel sur l'environnement. Comme mentionné en exemple au chapitre 1, c'est ainsi qu'il est possible d'évaluer la contribution potentielle à l'effet de serre (changements climatiques) d'une émission de x kg d'une substance en équivalent CO₂. Il y a actuellement environ une quinzaine de méthodes d'évaluation des impacts (elles sont résumées à l'annexe 2), plus de 15 catégories d'impact intermédiaires et généralement trois ou quatre catégories d'impact de type dommages (tableau 2.1).

Tableau 2.1 Catégories d'impact intermédiaires et de dommages.

Catégories d'impact intermédiaires			
<ul style="list-style-type: none">• Déplétion de la couche d'ozone• Formation d'ozone photochimique• Formation de particules (matières particulaires)• Toxicité humaine	<ul style="list-style-type: none">• Radiation ionisante• Changement climatique• Écotoxicité aquatique• Eutrophisation terrestre	<ul style="list-style-type: none">• Écotoxicité terrestre• Acidification terrestre• Acidification aquatique• Eutrophisation aquatique	<ul style="list-style-type: none">• Utilisation du territoire• Consommation des ressources fossiles• Consommation des ressources minérales• Consommation de l'eau

Catégories de dommages			
• Dommage sur la santé humaine	• Dommage sur les écosystèmes	• Disponibilité des ressources	• Changement climatique

2.1.1. Méthodes d'évaluation des impacts intermédiaires (*mid-point*), de dommages (*end-point*) et hybrides

Il existe aujourd'hui trois types de méthodes d'évaluation des impacts :

- les méthodes intermédiaires (*mid-point*);
- les méthodes de dommages (*end-point*); et
- les méthodes hybrides (offrent les deux niveaux d'évaluation : intermédiaires et dommages).

Lors de la modélisation du devenir d'une substance, les méthodes d'ÉICV et les catégories d'impact intermédiaires se situent au milieu de la chaîne de causes à effets, tandis que les méthodes d'ÉICV et les catégories d'impact de dommages se trouvent à la fin de cette chaîne (figure 2.1). Afin de faciliter la compréhension, une donnée d'inventaire pourrait être l'émission dans l'air de x kg de CO₂. Cette donnée serait ensuite attribuée à la catégorie d'impact « changement climatique » et sa contribution potentielle aux changements climatiques serait calculée à l'aide d'un facteur de caractérisation. À ce point-ci, l'impact serait de type intermédiaire. Par la suite, il serait possible de traduire cette contribution aux changements climatiques en dommages potentiels sur la santé humaine et la qualité des écosystèmes. À ce point, l'impact serait de type dommage.

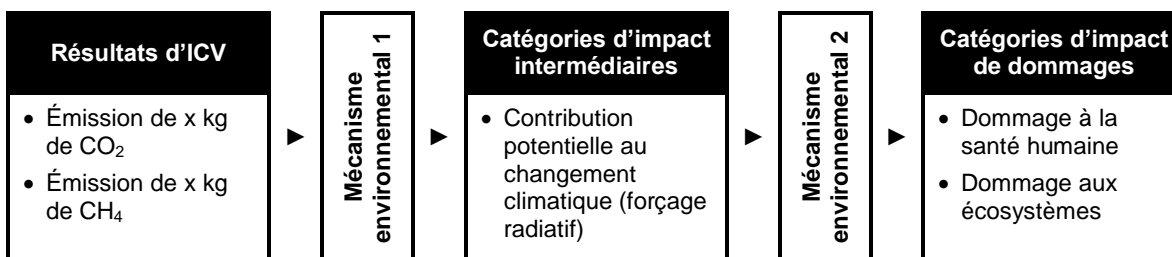


Figure 2.1 Catégories d'impact intermédiaires et de dommages sur la chaîne de causes à effets (modifiée de Goedkoop *et al.*, 2009, p. 2).

La structure de la méthode d'ÉICV hybride ReCiPe illustre bien la différence entre les méthodes intermédiaires et de dommages, de même que la séquence entre ces deux niveaux d'évaluation (figure 2.2). Elle démontre également la complexité de l'attribution

des résultats d'ICV à chaque catégorie d'impact et de la répartition des catégories d'impact intermédiaires aux catégories de dommages.

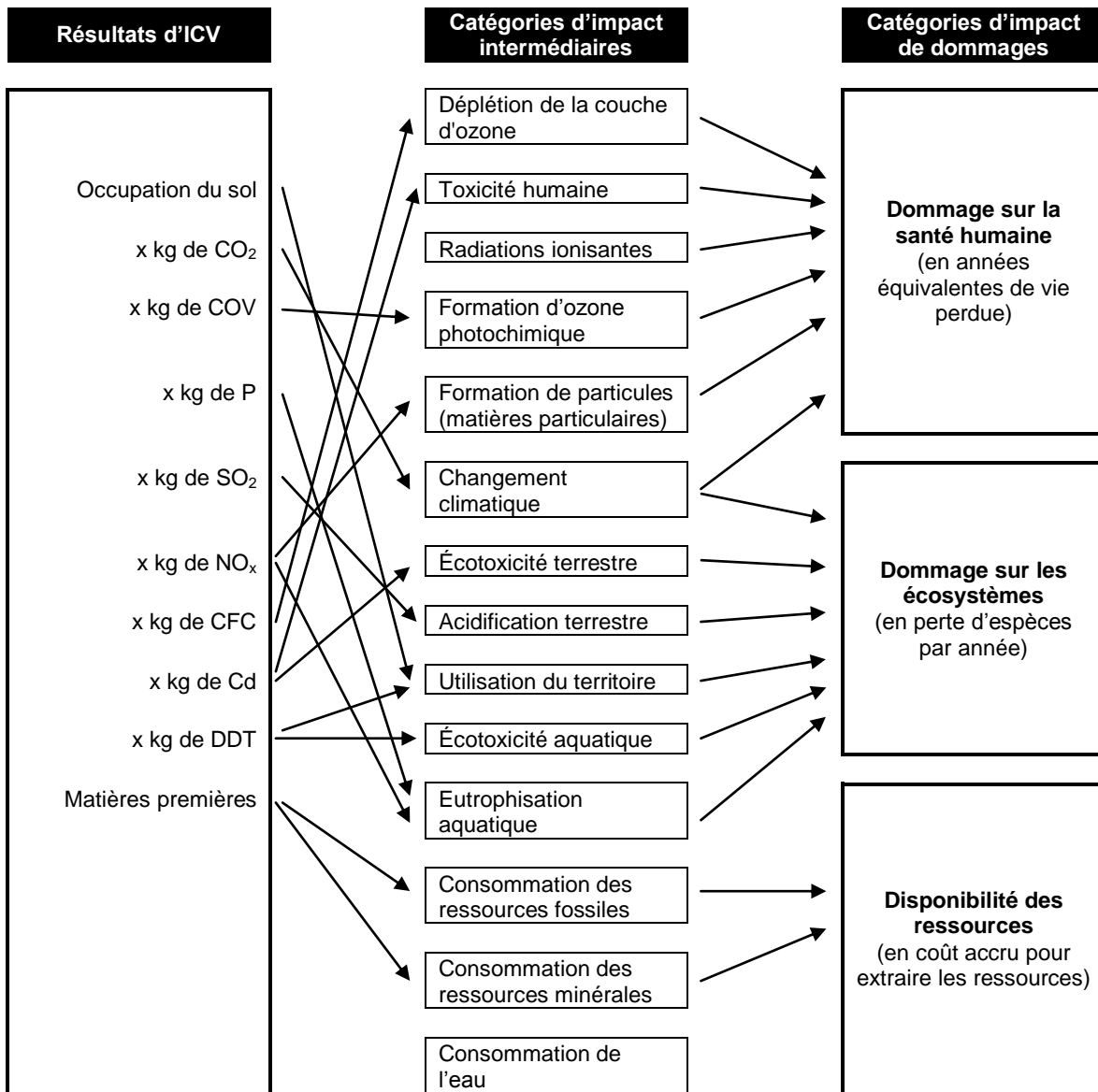


Figure 2.2 Relations entre les données de l'ICV, les catégories d'impact intermédiaires et les catégories de dommages dans ReCiPe (modifiée de Goedkoop *et al.*, 2009, p. 3).

Les méthodes d'ÉICV intermédiaires et de dommages ont chacune des avantages et des désavantages (tableau 2.2). Principalement, l'approche intermédiaire présente moins d'incertitude que l'approche de type dommages quant à la modélisation des impacts potentiels sur l'environnement (Goedkoop *et al.*, 2009; Bare *et al.*, 2000). En effet, scientifiquement, il est plus simple de calculer le devenir et l'effet d'une substance sur

l'environnement au niveau intermédiaire (ex. : potentiel de réchauffement climatique d'un GES), qu'au niveau de dommages (ex. : l'effet du réchauffement climatique sur la santé humaine ou les écosystèmes). Par contre, l'approche intermédiaire se prête moins bien à l'aide à la décision que l'approche de dommages, cette dernière étant plus facile à comprendre pour les non-experts (*Ibid.*, 2009; *Ibid.*, 2000). En somme, les points forts d'un type de méthode constituent souvent les points faibles de l'autre méthode et vice-versa, ce qui les rend complémentaires. C'est pourquoi les méthodes hybrides harmonisent les indicateurs intermédiaires et de dommages au sein d'une seule méthode. Les méthodes hybrides sont donc plus versatiles et s'adaptent bien aux différents requis des études.

Tableau 2.2 Avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation des impacts intermédiaires et de dommages (inspiré de Goedkoop *et al.*, 2009).

Méthodes d'évaluation des impacts intermédiaires	
Avantages	Désavantages
<ul style="list-style-type: none"> • L'incertitude associée aux modèles scientifiques utilisés pour calculer les impacts intermédiaires est relativement basse. • Les modèles scientifiques utilisés pour calculer les impacts intermédiaires sont majoritairement reconnus et ils n'impliquent pas de jugement de valeur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les résultats d'ACV utilisant des catégories d'impact intermédiaires sont difficiles à comprendre pour les non-experts. Par exemple, le phénomène « d'eutrophisation » n'est pas connu de tout le monde et « x kg de PO₄ équivalent » peut être difficile à conceptualiser pour les non-initiés.
Méthodes d'évaluation des impacts de dommages	
Avantages	Désavantages
<ul style="list-style-type: none"> • La communication des résultats d'ACV aux non-experts est facilitée. Par exemple, le « nombre d'espèces disparues par année » est beaucoup plus simple à intégrer que le concept « d'eutrophisation ». 	<ul style="list-style-type: none"> • L'incertitude associée aux modèles scientifiques utilisés pour calculer les dommages est relativement élevée. • Les modèles scientifiques utilisés pour calculer les dommages ne font généralement pas consensus et ils peuvent impliquer des jugements de valeur.

2.1.2. Catégories d'impact

Comme mentionné précédemment, chaque méthode d'évaluation des impacts comporte un jeu de catégories d'impact. Logiquement, les méthodes d'ÉICV intermédiaires offrent des catégories d'impact intermédiaires (tableau 2.1), les méthodes d'ÉICV de dommages des catégories d'impact de dommages (tableau 2.1) et les méthodes d'ÉICV hybrides les deux types de catégories d'impact (figure 2.2). Chaque catégorie d'impact repose sur un ou des modèle(s) de caractérisation (modèles scientifiques) qui inclue(nt) un indicateur de catégorie, un facteur de caractérisation, un résultat d'indicateur de catégorie d'impact intermédiaire et/ou un résultat d'indicateur de catégorie d'impact de dommage, selon le

cas. Afin d'illustrer concrètement cette terminologie, la figure 2.3 présente un exemple d'application pour la catégorie d'impact « changement climatique ».

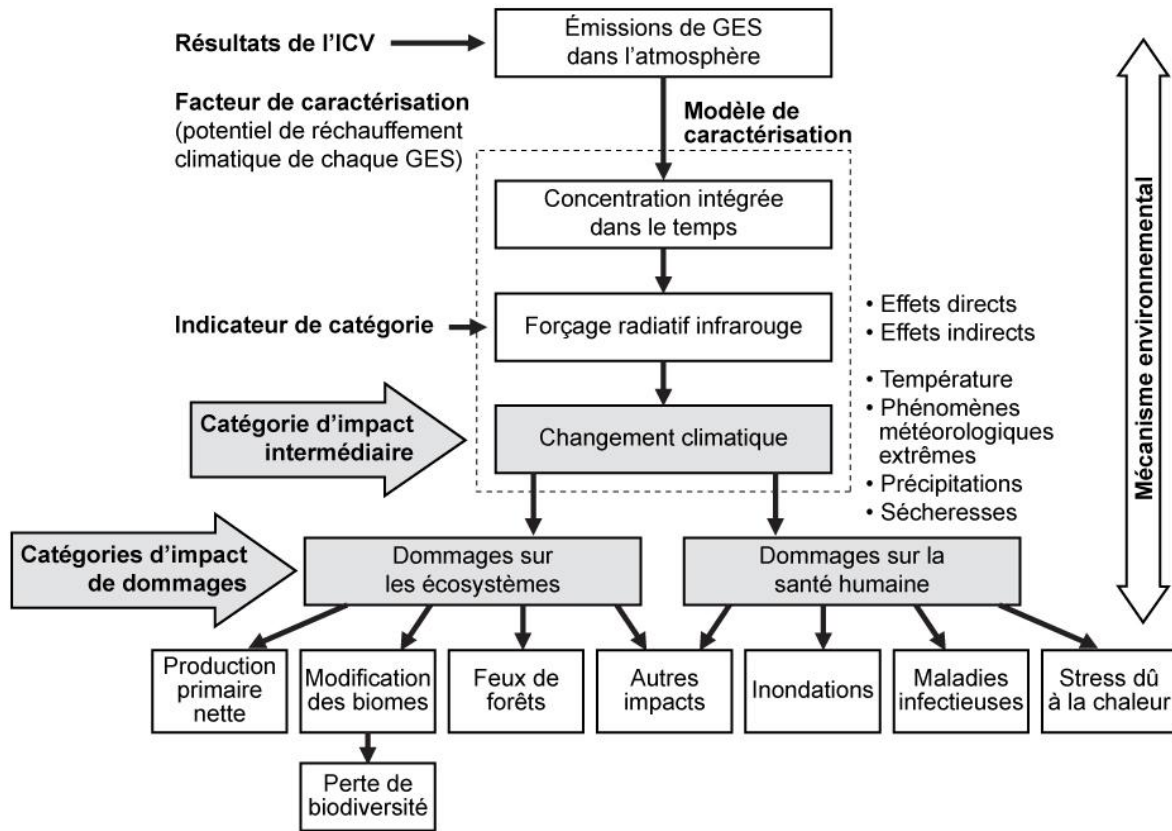


Figure 2.3 Modèle de caractérisation pour la catégorie d'impact « changement climatique » (compilation d'après Hauschild *et al.*, 2009a, p. 30 et ISO, 2006b, p. 20).

Par ailleurs, les différents modèles scientifiques sous-jacents aux catégories d'impact n'ont pas tous le même niveau d'acceptation et de reconnaissance par la communauté scientifique internationale. Certains modèles sont dits « consensuels », tandis que d'autres sont « non consensuels ». Dans ce contexte, le terme consensuel signifie que les experts sont d'accord sur un modèle, à la lumière des connaissances du moment. L'état consensuel d'un modèle n'est donc pas permanent et il peut évoluer. Il y a actuellement deux modèles consensuels :

- le modèle élaboré par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et utilisé pour la catégorie d'impact « changement climatique » ; et
- le modèle développé par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et utilisé pour la catégorie d'impact « déplétion de la couche d'ozone ».

Les modèles développés par la méthode USEtox pour les catégories d'impact « toxicité humaine » et « toxicité aquatique » font également consensus. Toutefois, jusqu'à récemment, ils étaient encore mis à l'épreuve et ce n'est que cette année qu'ils commencent à être officiellement intégrés aux différents logiciels d'ACV. Les autres catégories d'impact utilisent différents modèles de caractérisation non consensuels. En effet, même si ces différents modèles ne font pas consensus, ils constituent ce qu'il y a de plus avancé au regard des connaissances scientifiques actuelles. Ainsi, avec l'évolution constante et rapide de la recherche scientifique, les modèles reconnus aujourd'hui risquent d'être éventuellement remplacés par de nouveaux plus évolués.

2.2. Complexité du choix d'une méthode d'évaluation des impacts et de catégories d'impact

La sélection d'un jeu de catégorie d'impact (et d'une ou des méthode(s) d'ÉICV), comme l'exige la norme ISO 14044, peut s'avérer complexe, surtout pour un non-expert – mais aussi pour les experts qui prennent l'habitude de travailler avec une méthode. Un manque d'expertise pourrait même conduire à la sélection d'une méthode d'évaluation des impacts et/ou d'un jeu de catégories d'impact inapproprié aux objectifs et champ de l'étude d'ACV. Cela est principalement dû aux bases scientifiques pointues sur lesquelles reposent les différentes catégories d'impact.

Premièrement, les modèles scientifiques sur lesquels reposent les catégories d'impact, et par le fait même les méthodes d'ÉICV, utilisent un langage scientifique hyperspécialisé parfois difficile à maîtriser pour les non-initiés (Longet, 2010). En effet, la modélisation des mécanismes environnementaux est complexe et elle se base sur des domaines scientifiques à la fois variés et spécifiques, tels que la météorologie, la chimie, la géologie, l'écotoxicologie, etc. Même les manuels méthodologiques qui accompagnent généralement les méthodes d'ÉICV ne réussissent pas toujours à bien vulgariser la méthodologie. Le développement des modèles de caractérisation est donc intimement lié aux avancées dans ces divers domaines scientifiques.

Deuxièmement, la ressemblance des méthodes d'ÉICV et des catégories d'impact « cache » des modèles scientifiques souvent différents. En effet, bien que plusieurs méthodes d'ÉICV incluent partiellement les mêmes catégories d'impact, cela ne veut pas dire qu'elles utilisent toutes les mêmes modèles scientifiques. Une comparaison entre

ReCiPe et TRACI (en prenant seulement comme exemple la catégorie d'impact « formation de smog photochimique ») démontre bien la diversité entre les méthodes d'évaluation des impacts. En effet, ReCiPe se base sur le modèle scientifique LOTOS-EUROS pour évaluer la contribution potentielle à la formation d'ozone photochimique (smog d'été). Les composés organiques volatils non méthaniques servent d'unité à l'indicateur, et le milieu pour lequel les impacts sont calculés est l'Europe (Goedkoop *et al.*, 2009). La méthode TRACI repose quant à elle sur un modèle scientifique dérivé du modèle *Maximum Incremental Reactivity*, les NO_x servent d'unité à l'indicateur et le milieu pour lequel les impacts sont calculés correspond aux États-Unis (Bare *et al.*, 2003; Noris, 2003). En somme, comme le soulève Dreyer *et al.* (2003), deux méthodes à première vue semblables peuvent mener à des résultats d'ACV différents et des conclusions qui divergent. Il est à noter que plusieurs autres facteurs peuvent aussi affecter les résultats d'ACV. À titre d'exemple, la définition de l'unité fonctionnelle, l'allocation, la précision des données collectées, les marges d'erreur associées aux bases de données, le logiciel d'ACV utilisé, etc. Quoi qu'il en soit, tous ces facteurs ne sont pas abordés dans le cadre du présent travail.

2.3. Limites et état d'avancement des méthodes d'évaluation des impacts et catégories d'impact

L'évaluation de l'impact du cycle de vie est une discipline relativement jeune. En effet, bien que l'ACV ait été développée dans les années 80, ce n'est qu'en 1990, lors du premier atelier de la SETAC, que la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie a été ajoutée au cadre méthodologique de l'ACV. Ainsi, les premières méthodes d'évaluation des impacts développées pour répondre à cette nouvelle phase de l'ACV sont apparues au début des années 90. Par exemple, EPS (*Environmental Priority Strategies*), Swiss Ecoscarcity et CML 1992 (Hauschild *et al.*, 2009b). Cette discipline est donc encore en pleine évolution, ce qui implique nécessairement qu'elle comporte des lacunes. Ainsi, plusieurs limites associées à cette phase de l'ACV sont mentionnées dans la littérature. Celles-ci font généralement l'objet de recherches et déterminent en quelque sorte les avancées à venir. Les limites abordées dans la présente section ne constituent pas un inventaire exhaustif, mais un échantillon de ce qui ressort de la littérature et d'échanges avec des experts en ACV du Québec et de la France (voir questionnaires, annexes 3 et 4).

2.3.1. Multitude de méthodes d'évaluation des impacts

Depuis le début des années 90, plusieurs méthodes d'ÉICV sont apparues. Cette situation a créé une certaine confusion, puisque les résultats d'ACV varient selon la méthode d'ÉICV choisie (Hauschild *et al.*, 2009b). De plus, il est difficile de comparer les résultats d'une approche intermédiaire avec ceux d'une approche de dommages (Dreyer *et al.*, 2003). La communauté internationale de l'ACV travaillant au développement de cette discipline a donc entrepris d'uniformiser les méthodes d'ÉICV, afin d'obtenir plus de consensus (Hauschild *et al.*, 2009b). L'apparition des méthodes d'ÉICV hybrides, telles que ReCiPe et IMPACT 2002+, de la méthode consensuelle USEtox ou encore le travail fait par le *Joint Research Centre* (JRC) pour la Commission européenne résultent de cette volonté de standardisation (Jolliet *et al.*, 2010; Hauschild *et al.*, 2009b). Malgré ces nombreux efforts, il est peu probable que le domaine de l'ACV voit un jour une méthode d'ÉICV unique, parce qu'il est essentiel que la diversité des contextes propres à chaque système étudié soit bien couverte (climat, données géographiques, etc.).

2.3.2. Nombre de substances prises en compte par les méthodes d'ÉICV

Les modèles scientifiques utilisés pour évaluer un phénomène environnemental donné (ex. : l'acidification, eutrophisation, déplétion de la couche d'ozone, etc.) doivent étudier chaque substance susceptible de contribuer à ce phénomène, afin d'être en mesure de modéliser le devenir de la substance en question. Par exemple, il est maintenant reconnu que sur un horizon de 100 ans, le méthane a un potentiel d'effet de serre 25 fois supérieur à celui du CO₂ (Forster *et al.*, 2007), mais des recherches ont été nécessaires pour arriver à cette conclusion. Or, l'inventaire européen *European Inventory of Existing Commercial Substances* (EINECS) a répertorié environ 100 000 substances actuellement sur le marché et les scientifiques ne connaissent pas encore tous les effets possibles de toutes ces substances. Par conséquent, le nombre de substances évalué par les modèles de caractérisation demeure relativement limité et rares sont les méthodes d'ÉICV qui couvrent plus de 1000 substances (Jolliet *et al.*, 2010). De plus, les méthodes d'ÉICV ne permettent pas toutes d'analyser le même nombre de substances. Pour reprendre la comparaison entre ReCiPe et TRACI (toujours en considérant seulement la « formation de smog photochimique »), ReCiPe couvre 126 substances, alors que TRACI en traite 529 (Hauschild *et al.*, 2009). Donc, si les résultats d'ICV contiennent par exemple 2000 substances différentes, selon la méthode d'ÉICV sélectionnée (et par le fait même le modèle de caractérisation), une certaine proportion des substances ne sera pas couverte

et cette dernière divergera d'une méthode à l'autre. Enfin, une méthode d'ÉICV couvrant un moins grand nombre de substances peut tout de même inclure des substances ayant un potentiel d'impact plus important, ce qui ne serait pas nécessairement le cas pour une autre méthode couvrant plus de substances.

2.3.3. Régionalisation des impacts

L'impact environnemental potentiel causé par l'émission d'une substance dans l'environnement dépend entre autres du milieu récepteur (Finnveden *et al.*, 2009). Par exemple, le lac d'une région pauvre en calcaire sera beaucoup plus affecté par les retombées de substances acidifiantes qu'un lac situé dans une région où le sol a une forte teneur en calcaire (le calcaire a la capacité « d'absorber » une partie de l'acidité). De même, comme le mentionne Jolliet *et al.* (2010), la population d'une zone de haute densité sera beaucoup exposée aux retombées d'une substance toxique, que celle d'une zone ayant peu d'habitants au km². Par ailleurs, si certains impacts environnementaux ont des effets globaux sur l'environnement (changement climatique et déplétion de la couche d'ozone), d'autres ont des effets à l'échelle régionale et locale, comme c'est le cas de l'eutrophisation ou la toxicité humaine (Potting and Hauschild, 1997). Ainsi, les méthodes d'ÉICV doivent être en mesure de tenir compte des disparités spatiales afin d'assurer une modélisation juste des impacts potentiels sur l'environnement. De nombreux développements à ce niveau ont été faits. Par exemple, des méthodes d'ÉICV ont été développées pour l'Europe, le Japon, l'Amérique du Nord et certaines offrent des niveaux de différenciation régionale, continentale, globale. Néanmoins, les méthodes permettent difficilement de prendre en compte les différences présentes à l'intérieur d'une même région (Dandres, 2011). Aussi, la mondialisation des marchés complexifie la question de la régionalisation des impacts (voir section 2.4).

2.3.4. Catégories d'impact nécessitant du développement

Comme soulevé, les modèles de caractérisation sont limités par les connaissances scientifiques. Aussi, certaines catégories d'impact nécessitent plus de développement que d'autres. Parmi celles qui sont le plus souvent mentionnées dans la littérature, il y a la consommation des ressources abiotiques, l'utilisation du territoire et la consommation des ressources en eau (Jolliet *et al.*, 2010; Baumann and Tillman, 2004; Guinée *et al.*, 2002). La consommation des ressources en eau est une catégorie d'impact en pleine évolution et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) étudie même la possibilité de créer

une norme pour « l'empreinte eau » (Raimbault et Humbert, 2011). Par ailleurs, la toxicité est aussi évoquée, mais des améliorations importantes ont été apportées par la méthode USEtox. Malgré cela, le nombre de substances couvertes demeure relativement bas et des incertitudes persistent, surtout pour les produits chimiques inorganiques et certains métaux (Jolliet *et al.*, 2010; Hauschild *et al.*, 2008; Rosenbaum *et al.*, 2008). Enfin, le bruit et l'air à l'intérieur des bâtiments/environnement de travail constituent des catégories d'impact qui seront peut-être éventuellement intégrées aux méthodes d'ÉICV (Hauschild *et al.*, 2009b).

2.4. Méthodes d'évaluation des impacts dans un contexte international

La globalisation des marchés a apporté une délocalisation et une dispersion des étapes de fabrication des produits. Plusieurs étapes de production sont maintenant réalisées dans les pays émergents comme la Chine, l'Inde, le Vietnam, etc. Comme le mentionne Steinberger *et al.* (2009), l'ACV doit s'adapter pour être en mesure de refléter cette nouvelle réalité. Or, les méthodes d'évaluation des impacts actuelles, de même que les modèles de caractérisation qu'elles utilisent ont majoritairement été développées pour les continents ou pays industrialisés, tels que l'Europe, les États-Unis, le Japon, etc. Cependant, comme soulevé précédemment, les impacts sont influencés par l'endroit et le milieu récepteur où ont lieu les émissions dans l'environnement. Par exemple, pour la même quantité d'une substance donnée, les impacts sur la santé humaine risquent d'être plus importants en Chine ou en Inde, où la population est beaucoup plus dense qu'en Amérique ou en Europe (*Ibid.*, 2009). Aussi, la nature physicochimique des milieux récepteurs de ces pays n'est pas forcément la même que celles pour lesquelles les modèles de caractérisation ont été développés. En somme, de nouveaux modèles de caractérisation doivent être conçus et les méthodes d'ÉICV existantes doivent offrir des versions pour le contexte international et permettre une analyse globale de l'impact du cycle de vie (Jolliet *et al.*, 2010).

3. INVENTAIRE DE SIX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS SELON DIX CATÉGORIES D'IMPACT

Le chapitre 3 présente les méthodes d'évaluation des impacts et les catégories d'impact retenues pour le présent travail. L'information recueillie dans ce chapitre sera essentielle pour mener l'évaluation comparative au chapitre 4. D'abord, une brève description des six méthodes d'évaluation des impacts est présentée. Ensuite, une série de tableaux présente les dix catégories d'impact, de même que les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV associées à chacune des catégories d'impact. Cet inventaire repose sur une revue des manuels méthodologiques des méthodes d'ÉICV et plus de 15 articles scientifiques qui portent sur les méthodes d'évaluation des impacts.

Tel que mentionné en introduction, un travail similaire a été fait par le *Joint Research Centre* pour la Commission européenne. Les travaux du JRC constituant déjà une référence dans le domaine de l'ACV, le chapitre 3 puise une certaine part d'information de leurs publications. Enfin, il importe de mentionner que malgré toutes les sources consultées, certaines informations peuvent demeurer incomplètes ou manquantes. Cela est notamment dû à la jeunesse du domaine et au manque de certitudes scientifiques de certains modèles sous-jacents aux méthodes d'ÉICV.

3.1. Méthodes d'évaluation des impacts sélectionnées

Tel que mentionné au chapitre 2, on dénombre actuellement plus de 15 méthodes d'évaluation des impacts (voir aussi annexe 2). Le cadre du présent travail ne permettant pas d'analyser toutes les méthodes d'ÉICV existantes, en plus d'être focalisé sur l'Europe et l'Amérique du Nord, seulement six méthodes d'ÉICV ont été retenues. Ces méthodes d'ÉICV ont été sélectionnées afin d'assurer la couverture de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Trois méthodes d'ÉICV sont donc européennes (CML 2002, EDIP 2003 et ReCiPe) et deux sont nord-américaines (LUCAS et TRACI). La sixième méthode d'ÉICV, USEtox, n'est pas spécifique à une région mais globale et elle traite seulement deux catégories d'impact (toxicité humaine et écotoxicité aquatique). Par ailleurs, peu de méthodes d'ÉICV incluent la catégorie d'impact « consommation des ressources en eau », c'est pourquoi deux méthodes d'ÉICV supplémentaires ont été analysées pour cette catégorie d'impact (MEEuP et Swiss Ecoscarcity). Ces deux méthodes d'ÉICV ne seront pas présentées, étant donné qu'elles s'appliquent seulement à cette catégorie d'impact.

CML 2002 a été retenue, car elle est la méthode d'ÉICV la plus utilisée, la plus consensuelle et elle offre des marges d'erreur relativement faibles (Laratte, 2009). EDIP 2003 a été sélectionnée parce qu'elle offre une différenciation spatiale fine pour l'Europe et qu'elle utilise l'approche des volumes critiques (Hauschild *et al.*, 2009b). ReCiPe a été choisie parce qu'il s'agit d'une nouvelle méthode d'ÉICV consensuelle issue d'une collaboration entre plusieurs experts reconnus ayant été à l'origine d'autres méthodes d'ÉICV. De plus, elle intègre les catégories d'impact intermédiaires et de dommages et elle reprend, améliore et met à jour des méthodes existantes (Goedkoop *et al.*, 2009). LUCAS a été retenue puisqu'il s'agit de la seule méthode adaptée au Canada et qu'elle est développée par le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG), un centre de recherche en ACV reconnu internationalement (Toffoletto *et al.*, 2007). TRACI a été sélectionnée parce qu'elle jouit d'une reconnaissance scientifique internationale et qu'elle est largement utilisée à travers le monde (Laratte, 2009). USEtox n'est pas une méthode d'ÉICV en soi, mais elle a tout de même été retenue, car elle émerge d'un travail de collaboration international qui fait consensus et elle sera certainement appelée à devenir une référence pour l'étude de la toxicité des substances chimiques (Hauschild *et al.*, 2008). MEEuP a été retenue parce qu'elle a la particularité de couvrir les eaux de procédé et les eaux de refroidissement, ce qui est intéressant pour des applications industrielles, telles que la teinture des textiles (Hauschild *et al.*, 2009b). Enfin, Swiss Ecoscarcity a été sélectionnée, car l'évaluation des impacts liés à la consommation d'eau se base sur l'indice de stress hydrique publié par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) (*Ibid.*, 2009b). Cette approche est d'intérêt pour la culture du coton qui se fait souvent dans des pays ayant déjà un stress hydrique élevé (Commission européenne, 2007).

3.1.1. CML 2002

La méthode d'évaluation des impacts CML 2002 a été développée aux Pays-Bas par le Centre des sciences environnementales de l'Université de Leiden en 1992. Depuis, elle a été révisée et mise à jour en 2000 et 2001 (Guinée *et al.*, 2002). CML est une méthode d'ÉICV de type intermédiaire. Un manuel unique, clair et complet expliquant la méthodologie est facilement, et gratuitement, accessible sur le site internet de l'Université de Leiden. Le manuel intitulé *LCA - An operational guide to the ISO-standards* constitue une référence dans le domaine de l'ACV (Jolliet *et al.*, 2010). CML calcul les impacts potentiels sur l'environnement sans différenciation géographique, à l'exception des

catégories d'impact « formation de smog photochimique » et « acidification » qui sont modélisées pour le territoire européen (Hauschild *et al.*, 2009b). La méthode CML fait consensus dans le domaine de l'ACV; tous ses fondements scientifiques sont accessibles et transparents et la méthode a fait l'objet de nombreux articles scientifiques revus par des pairs (*Ibid.*, 2009b). Malgré l'arrivée de nouvelles méthodes d'évaluation des impacts comme ReCiPe, CML demeure largement utilisée.

3.1.2. EDIP 2003

La méthode d'évaluation des impacts EDIP (*Environmental Design of Industrial Products*) a été développée au Danemark à la *Technical University of Denmark* en 1996. La méthode EDIP 2003 est une mise à jour de la version de 1997 (EDIP 97). EDIP est une méthode d'ÉICV intermédiaire (Hauschild *et al.*, 2009b). Des manuels méthodologiques (un pour la version 97 et un pour la version 2003) sont disponibles, mais ils ne sont pas accessibles gratuitement. EDIP 2003 modélise les impacts environnementaux pour le territoire européen, mis à part les catégories d'impact ayant des impacts globaux (changement climatique, déplétion de la couche d'ozone et consommation des ressources naturelles). Elle offre une différenciation spatiale géographique précise pour l'Europe, avec des facteurs pour plus de 40 « régions » européennes. EDIP est largement reconnue et la méthodologie de la plupart des catégories d'impact qu'elle traite est parue dans des publications scientifiques revues par des pairs (*Ibid.*, 2009b).

3.1.3. ReCiPe

ReCiPe est issue d'un travail collaboratif entre cinq entités néerlandaises : *National Institute for Public Health and the Environment* (RIVM), CML, PRé Consultants, *Radboud University Nijmegen* et CE Delft. Cette méthode d'ÉICV, partiellement basée sur Eco-indicator 99 et CML 2002, a été développée entre 2001 et 2008, afin d'harmoniser les approches intermédiaires et de dommages. ReCiPe est donc de type hybride, c'est-à-dire qu'elle offre à la fois l'approche intermédiaire et de dommages (Goedkoop *et al.*, 2009; Hauschild *et al.*, 2009b). La caractérisation de dommages de la méthode ReCiPe utilise les trois scénarios de la méthode d'ÉICV Eco-indicator 99, soit « égalitaire », « hiérarchique » et « individualiste ». Ces scénarios font référence à des valeurs sociales et elles se traduisent par trois méthodologies différentes, donc des résultats aussi différents. Brièvement, la perspective « individualiste » est la moins soucieuse de l'environnement, « l'égalitaire » est la plus concernée par l'environnement et la

« hiérarchique » se trouve à mi-chemin entre ses deux visions (Baumann and Tillman, 2004). Les facteurs de caractérisation de dommage peuvent ainsi varier selon le scénario retenu. Par ailleurs, un manuel de base est disponible sans frais sur le site internet de ReCiPe. La compréhension est légèrement complexe dû au fait que deux types de caractérisation sont fusionnés (intermédiaire et de dommages). ReCiPe calcul les impacts environnementaux pour le territoire européen, exception faite des catégories ayant des impacts globaux (changement climatique, déplétion de la couche d'ozone et consommation des ressources naturelles). Enfin, bien que cette méthode soit récente, elle est déjà acceptée par les experts de l'ACV. La majorité des catégories d'impact couvertes par ReCiPe a été revue par des pairs (Hauschild *et al.*, 2009b).

3.1.4. LUCAS

La méthode d'évaluation des impacts LUCAS a été conçue au Canada, en 2005, par le CIRAI à l'École Polytechnique de Montréal. L'objectif consistait à développer une méthode d'ÉICV adaptée au contexte canadien (Hauschild *et al.*, 2009b). LUCAS repose sur des modèles de caractérisation existants empruntés à différentes méthodes d'évaluation des impacts (Eco-indicator 99, EDIP 2003, IMPACT 2002+ et TRACI) et modifiés pour être représentatifs des 15 écozones canadiennes (Toffoletto, 2005). La méthode LUCAS est de type intermédiaire. Actuellement, il n'existe pas de manuel méthodologique, mais quelques articles scientifiques expliquent la méthodologie. LUCAS modélise les impacts en fonction du contexte canadien, à l'exception des catégories d'impact ayant des effets environnementaux globaux (changement climatique, déplétion de la couche d'ozone et consommation des ressources naturelles) (Toffoletto *et al.*, 2007; Toffoletto, 2005). La méthode LUCAS n'a pas fait jusqu'à maintenant l'objet de nombreux articles scientifiques revus par des pairs. Toutefois, afin de respecter les recommandations de la SETAC, LUCAS se base seulement sur des modèles qui profitent d'une reconnaissance scientifique générale (Hauschild *et al.*, 2009b).

3.1.5. TRACI

TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts*) est méthode de type intermédiaire qui a été développée par l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (*U.S. EPA*). Il n'existe pas de manuel unique qui présente la méthodologie sur laquelle TRACI repose, seulement des articles scientifiques parfois relativement complexes à comprendre. La méthode d'évaluation des impacts

TRACI a été développée pour le territoire des États-Unis, mis à part pour les catégories d'impact changement climatique, déplétion de la couche d'ozone et consommation des ressources naturelles. TRACI offre une différenciation spatiale géographique fine (Hauschild et al., 2009b). Enfin, la méthode TRACI est scientifiquement reconnue au niveau international. Elle repose sur plusieurs données et modèles scientifiques robustes provenant de différents organismes américains (*U.S. EPA, U.S. National Acid Precipitation Assessment Program, California Air Resources Board, etc.*) et elle est fortement axée sur la santé humaine (*Ibid.*, 2009b).

3.1.6. USEtox

La méthode USEtox a été développée avec le support du programme *Life Cycle Initiative* du Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP-SETAC). USEtox résulte d'une collaboration internationale et repose sur sept modèles scientifiques existants : CalTOX, IMPACT 2002+, USES-LCA, BETR, EDIP, WATSON et EcoSense. USEtox couvre seulement les catégories d'impact toxicité humaine et écotoxicité aquatique pour l'eau douce (Hauschild *et al.*, 2009b). Cette méthode d'évaluation des impacts est de type intermédiaire. Présentement, il n'y pas de manuel méthodologique pour USEtox, mais quelques publications scientifiques expliquent la méthodologie. La méthode USEtox n'offre pas de différenciation spatiale géographique (*Ibid.*, 2009b). Puisque USEtox tire ses bases des meilleurs modèles scientifiques actuels, elle fait consensus au sein de la communauté scientifique internationale et la précision des facteurs de caractérisation dans USEtox est nettement supérieure aux méthodes existantes (Hauschild *et al.*, 2009b; Hauschild *et al.*, 2008; Rosenbaum *et al.*, 2008). La méthode USEtox n'est pas encore officiellement disponible; il semblerait que certains détails restent à être corrigés avant qu'elle soit rendue disponible aux praticiens (Hauschild *et al.*, 2009b).

3.2. Catégories d'impacts sélectionnées

Parmi les catégories d'impacts intermédiaires rencontrées à l'heure actuelle, plus d'une quinzaine ressortent de façon régulière (voir chapitre 2). Dans le cadre du présent travail, dix catégories d'impact ont été retenues : changement climatique, déplétion de la couche d'ozone, formation de smog photochimique, toxicité humaine, écotoxicité aquatique, acidification, eutrophisation aquatique, utilisation du territoire, consommation des ressources naturelles et consommation des ressources en eau. Étant donné que l'objectif du travail consiste à concevoir un outil d'aide destiné aux entreprises du secteur textile, la

sélection des dix catégories d'impact a été faite pour répondre aux caractéristiques propres à cette industrie, mais aussi pour répondre aux préoccupations environnementales actuelles (lois, politiques, ententes internationales, etc.). Tel que discuté au chapitre 5, les principaux impacts environnementaux associés à l'industrie du textile sont la pollution de l'eau, l'utilisation de l'eau, la consommation d'énergie, l'utilisation de matières premières non renouvelables et l'utilisation du territoire. Afin de couvrir ces aspects environnementaux, les catégories d'impact liées à l'eau ont été retenues (écotoxicité aquatique, acidification, eutrophisation aquatique et consommation des ressources en eau). Aussi, les catégories d'impact consommation des ressources naturelles (fabrication de fibres synthétiques) et utilisation du territoire (culture du coton, élevage de moutons, etc.) ont été sélectionnées. Par ailleurs, les catégories d'impact changement climatique et déplétion de la couche d'ozone ont été conservées parce qu'elles font l'objet d'ententes internationales (Protocole de Kyoto et Protocole de Montréal). Enfin, la catégorie d'impact formation de smog photochimique a été retenue parce que le smog est un phénomène de plus en plus observé dans bon nombre de pays et qu'il affecte la santé humaine, ce qui en fait une préoccupation environnementale actuelle.

3.3. Inventaire des principales caractéristiques des six méthodes d'évaluation des impacts en relation aux dix catégories d'impact

L'évaluation comparative du chapitre 4 mettra en relation les six méthodes d'évaluation des impacts avec les dix catégories d'impact. C'est pourquoi l'information concernant les méthodes d'ÉICV est présentée par catégorie d'impact. L'information est colligée sous forme de tableaux et elle respecte la structure suivante :

- Première colonne : nom de la méthode d'évaluation des impacts.
- Deuxième colonne : caractérisation. Inclut le modèle de caractérisation et le facteur de caractérisation (voir lexique, section 1.2.1 et figure 2.3)
- Troisième colonne : unité de l'indicateur et substance de référence. Correspond à la manière dont est communiqué l'impact. Par exemple, pour la catégorie d'impact changement climatique, l'impact est communiqué en kg équivalent CO₂. L'unité de l'indicateur est le kg éq. CO₂ et la substance de référence est le CO₂.
- Quatrième colonne : nombre de substances prises en compte. Toutes les substances pour lesquelles la méthode d'ÉICV est en mesure de calculer l'impact

potentiel sur l'environnement (donc qu'un facteur de caractérisation est disponible) (voir section 2.3.2).

- Cinquième colonne : échelle spatiale géographique. Les niveaux de différenciation spatiale disponibles (régionale, continentale, globale, etc.) (voir section 2.3.3).

3.3.1. Changement climatique

La catégorie d'impact changement climatique traite de la contribution des émissions d'origine anthropique sur le forçage radiatif dans l'atmosphère (effet de serre). Les gaz à effet de serre sont les gaz qui ont la capacité d'absorber les radiations infrarouges provenant de la Terre. L'augmentation du forçage radiatif se solde par un réchauffement de la température à la surface de la Terre, ce qui peut avoir des impacts sur les écosystèmes, la santé humaine et les biens matériels (Guinée *et al.*, 2002; Hauschild *et al.*, 2009b).

Cette catégorie d'impact fait consensus au niveau de la communauté scientifique internationale. La plupart des méthodes d'évaluation des impacts utilisent le modèle développé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, dont le facteur de caractérisation est le *Global Warming Potential (GWP)*. Ce dernier exprime le potentiel d'une substance à contribuer aux changements climatiques (la capacité d'un gaz à absorber les radiations infrarouges). Le GWP d'une substance correspond au ratio entre l'augmentation de l'absorption des radiations infrarouges qu'elle cause par rapport à 1 kg de CO₂ (la substance de référence) (Baumann and Tillman, 2004; Hauschild *et al.*, 2009b). La plupart des méthodes d'évaluation des impacts utilisent le GWP₁₀₀ qui modélise les gaz à effet de serre sur un horizon temporel de 100 ans. Le tableau 3.1 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.1 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « changement climatique ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML ¹	<p>Modèle de caractérisation Modèle du GIEC</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Global Warming Potential</i> (GWP₁₀₀)</p>	<p>Unité de l'indicateur kg CO₂ équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence CO₂ (dioxyde de carbone)</p>	56 (SimaPro, CML 2 baseline 2000 V2.04)	Globale

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
EDIP2003 ²	Modèle de caractérisation Modèle du GIEC Facteur de caractérisation <i>Global Warming Potential</i> (GWP ₁₀₀)	Unité de l'indicateur kg CO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence CO ₂ (dioxyde de carbone)	environ 77	Globale
ReCiPe ³	Intermédiaire Modèle de caractérisation Modèle du GIEC Facteur de caractérisation <i>Global Warming Potential</i> (GWP ₁₀₀)	Intermédiaire Unité de l'indicateur kg CO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence CO ₂ (dioxyde de carbone)	95 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01)	Globale
	Domage Facteur de caractérisation Domage à la santé humaine (HH : <i>Damage to human health</i>) Domage à la diversité de l'écosystème (ED : <i>Damage to ecosystem diversity</i>) Pour évaluer les dommages, ReCiPe se base sur plusieurs paramètres : changement de température, temps de séjour des substances, intensité en fonction de la région, densité et surface de la population et de l'écosystème (relation linéaire entre la température et le facteur de dommage).	Domage Unité de l'indicateur année/kg		
LUCAS ⁴	Modèle de caractérisation Modèle du GIEC tel que présenté dans EDIP 2003 Facteur de caractérisation <i>Global Warming Potential</i> (GWP ₁₀₀)	Unité de l'indicateur kg CO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence CO ₂ (dioxyde de carbone)	95	Globale
TRACI ⁵	Modèle de caractérisation Modèle du GIEC Facteur de caractérisation <i>Global Warming Potential</i> (GWP ₁₀₀)	Unité de l'indicateur kg CO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence CO ₂ (dioxyde de carbone)	104 (SimaPro, TRACI 2 V3.01)	Globale

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.

2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.

3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.

4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.

5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003 et Hauschild *et al.*, 2009b.

3.3.2. Déplétion de la couche d'ozone

Cette catégorie d'impact traite de l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique résultant d'émissions d'origine anthropique. La déplétion de la couche d'ozone permet à plus de rayons UVB d'atteindre la surface de la Terre, ce qui peut causer plusieurs

impacts négatifs potentiels sur la santé des êtres vivants, des écosystèmes, les cycles biochimiques et les biens matériels (Guinée *et al.*, 2002).

Cette catégorie fait consensus au niveau de la communauté scientifique internationale. La plupart des méthodes utilisent le modèle de l'Organisation météorologique mondiale, soit l'*Ozone Depletion Potential* (ODP). Le modèle de l'OMM modélise le changement d'épaisseur de la couche d'ozone stratosphérique dans une colonne (modèle théorique accepté) causé par l'émission d'une substance par rapport au CFC-11 (substance de référence) (Baumann and Tillman, 2004). Les gaz qui contribuent à la déplétion de la couche d'ozone sont modélisés dans un « état stationnaire » (*steady state*) à l'échelle globale (Guinée *et al.*, 2002). Le tableau 3.2 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.2 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « déplétion de la couche d'ozone ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML 2002 ¹	<p>Modèle de caractérisation Modèle de l'OMM</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP_w)</p>	<p>Unité de l'indicateur kg CFC-11 équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence CFC-11 (trichlorofluorométhane)</p>	24	Globale
EDIP2003 ²	<p>Modèle de caractérisation Modèle de l'OMM</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP)</p>	<p>Unité de l'indicateur kg CFC-11 équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence CFC-11 (trichlorofluorométhane)</p>	20	Globale
ReCiPe ³	<p>Intermédiaire</p> <p>Modèle de caractérisation Modèle de l'OMM</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP)</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Unité de l'indicateur kg CFC-11 équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence CFC-11 (trichlorofluorométhane)</p>	22	Globale
	<p>Domage</p> <p>Facteur de caractérisation Domage à la santé humaine (HH : <i>Damage to human health</i>)</p>	<p>Domage</p> <p>Unité de l'indicateur année/kg</p>		

Méthode d'ÉCVI	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
LUCAS ¹	Modèle de caractérisation Modèle de l'OMM tel que présenté dans EDIP 2003 Facteur de caractérisation <i>Ozone Depletion Potential (ODP)</i>	Unité de l'indicateur kg CFC-11 équivalent/kg d'émissions Substance de référence CFC-11 (trichlorofluorométhane)	19	Globale
TRACI ⁵	Modèle de caractérisation Modèle de l'OMM Facteur de caractérisation <i>Ozone Depletion Potential (ODP)</i>	Unité de l'indicateur kg CFC-11 équivalent/kg d'émissions Substance de référence CFC-11 (trichlorofluorométhane)	89	Globale

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003 et Hauschild *et al.*, 2009b.

3.3.3. Formation de smog photochimique

Le smog photochimique (smog d'été ou smog de Los Angeles) est reconnu comme étant nocif pour la santé humaine et les écosystèmes. Les photo-oxydants sont responsables de sa formation (Norris, 2003). Ces derniers sont des composés chimiques réactifs tels que l'ozone, les nitrates de peroxyacétyle (PAN), le peroxyde d'hydrogène et divers aldéhydes. Leur formation se produit dans la troposphère lorsqu'une masse stationnaire d'air chaud, chargé de NO_x et d'hydrocarbures réactifs (composés organiques volatils (COV) et CO), est exposée aux rayons ultraviolets (Olivier, 2007; Guinée *et al.*, 2002).

Plusieurs modèles existent pour prévoir les impacts potentiels liés à la formation de photo-oxydants. La plupart d'entre eux se concentrent sur les effets régionaux, même si ces derniers peuvent être locaux. Tous les modèles calculent la quantité estimée d'ozone formé par une substance. Seule la manière d'effectuer le calcul diffère (Baumann and Tillman, 2004). Enfin, une grande partie des COV présents dans l'air sont de sources biologiques (arbres, plantes, etc.). Ainsi, une région peut avoir un niveau de COV « naturel » élevé, alors que c'est l'inverse pour une autre région. Les modèles scientifiques qui tiennent compte de cette réalité peuvent offrir des résultats plus justes (Bare *et al.*, 2003; Norris, 2003). Le tableau 3.3 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.3 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « formation de smog photochimique ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML 2002¹	<p>Modèle de caractérisation <i>UNECE Trajectory Model</i></p> <p>Facteur de caractérisation <i>Photochemical Ozone Creation Potential</i> (High NO_x POCP)</p> <p>Modélise la quantité d'ozone formée par une substance par rapport à celle formée par l'éthylène (relation linéaire).</p> <p>Le POCP considère la réactivité de 5 jours. Considération des High et Low NO_x.</p>	<p>Unité de l'indicateur kg C₂H₄ équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence C₂H₄ (éthylène)</p>	127	Europe
EDIP2003²	<p>Modèle de caractérisation Dérivé du modèle RAINS (calcul en fonction du milieu récepteur).</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Photochemical Ozone Creation Potential</i> (POCP)</p>	<p>Unité de l'indicateur pers*ppm*h/g d'émissions (santé humaine)</p> <p>m²*ppm*h/g d'émissions (écosystème)</p> <p>Substance de référence C₂H₄ (éthylène) - EDIP97</p>	COV (individuel) 81 Mélange de COV, CO et NO _x 13	Facteurs génériques pour l'Europe Facteurs spécifiques par pays ou régions
ReCiPe³	<p>Intermédiaire</p> <p>Modèle de caractérisation Modèle LOTOS-EURO pour les NMVOC et les NO_x.</p> <p>Calcule la fraction d'ozone absorbée par une population. Facteur cible/exposition. Modélisation basée sur une réactivité rapide (< 1 jour).</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Ozone Formation Potential</i> (OFP)</p> <p>Dommage</p> <p>Facteur de caractérisation Dommage à la santé humaine (HH : <i>Damage to human health</i>)</p> <p>Le facteur de caractérisation est le même pour les 3 scénarios (égalitaire, hiérarchique et individualiste)</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Unité de l'indicateur kg NMVOC/kg d'émission dans l'air urbain</p> <p>Substance de référence NMVOC (Composés organiques volatils non méthaniques - <i>Non Methane Volatile Organic Compounds</i>)</p> <p>Dommage</p> <p>Unité de l'indicateur année/kg</p>	126	Europe (avec différenciation spatiale)
LUCAS⁴	<p>Modèle de caractérisation Basé sur TRACI, utilise le modèle MIR (<i>Maximum Incremental Reactivities</i>) et l'ASTRAP (Advanced Statistical Trajectory Regional Air Pollution), un modèle de déposition pour l'Amérique du Nord</p> <p>Facteur de caractérisation N/T⁶</p>	<p>Unité de l'indicateur kg C₂H₄ équivalent dans l'air/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence C₂H₄ (éthylène)</p>	530	15 écozones terrestres canadiennes Paramètres spatiaux canadiens : - déposition atmosphérique - émission des précurseurs de l'ozone

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
TRACI ²	<p>Modèle de caractérisation Dérivé du modèle MIR (<i>Maximum Incremental Reactivity</i>)</p> <p>Modèle source/transport : - Estime les impacts de la concentration d'ozone (en g/m²) par État américain. - Assume que la relation entre le changement de concentration en NO_x et la concentration en ozone est linéaire (les COV sont convertis en équivalent NO_x).</p> <p>Facteur de caractérisation N/T⁶</p>	<p>Unité de l'indicateur kg NO_x équivalent/kg d'émissions</p> <p>g - NO_x-e / m / kg émission</p> <p>Substance de référence NO_x (oxydes d'azote)</p>	529	<p>États-Unis</p> <p>Régions à l'est ou à l'ouest du Mississippi, régions du nord-est, régions du mid-ouest, régions du sud, régions de l'ouest.</p> <p>États américains</p>

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Bare *et al.*, 2003 et Noris, 2003.
6. N/T : information non trouvée.

3.3.4. Toxicité humaine

Cette catégorie traite des impacts des substances toxiques, émises dans l'environnement, sur la santé humaine (peu de méthodes d'ÉICV touchent à ces impacts pour l'environnement bâti). La caractérisation des substances toxiques repose sur les concepts de persistance dans l'environnement (*fate*), d'exposition (par inhalation ou ingestion) et d'effet sur la santé humaine (cancérogène et non cancérogène) (Goedkoop *et al.*, 2009; Guinée *et al.*, 2002). La modélisation des impacts potentiels des substances toxiques sur les êtres vivants est une tâche complexe, puisque les phénomènes physiologiques et biologiques son encore mal compris. Les modèles pour cette catégorie d'impact présentent donc encore un niveau d'incertitude relativement élevé.

Jusqu'à très récemment, cette catégorie d'impact ne faisait pas consensus au sein de la communauté scientifique internationale. La situation a changé avec l'arrivé de USEtox. Tel que mentionné précédemment, cette méthode d'évaluation des impacts est le résultat d'une collaboration internationale et elle risque de devenir la référence pour la caractérisation de la toxicité humaine et de l'écotoxicité aquatique dans les années à venir (Hauschild *et al.*, 2008). Il est aussi probable que les méthodes d'évaluation des impacts l'intégreront, comme c'est le cas pour le modèle du GIEC (GWP) et de l'OMM (ODP). Le tableau 3.4 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.4 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « toxicité humaine ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML 2002¹	<p>Modèle de caractérisation Modèle USES 2.0-LCA.</p> <p>Modélisation du facteur cible. Modélisation du transport et de la persistance des substances toxiques. Les sources et les cibles sont divisées en 6 : air urbain et rural, sol agricole et industriel, eau douce et marine.</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Human Toxicity Potential</i> (HTP_h)</p>	<p>Unité de l'indicateur kg 1,4-DB équivalent émis dans l'air/kg d'émissions dans l'air, l'eau et sur le sol</p> <p>Substance de référence 1,4-DB (1,4-dichlorobenzène)</p>	859	Europe Modélise le facteur cible à l'échelle continentale et globale.
EDIP2003²	<p>Modèle de caractérisation Basé sur le modèle pour la toxicité humaine d'EDIP 97.</p> <p>Facteur de caractérisation N/T⁷</p>	<p>Unité de l'indicateur personne</p> <p>m³ air/g émis dans l'air, l'eau ou sur le sol (EDIP 97)</p> <p>m³ eau/g émis dans l'air, l'eau ou sur le sol (EDIP 97)</p> <p>m³ sol/g émis dans l'air, l'eau ou sur le sol (EDIP 97)</p> <p>Substance de référence N/T</p>	181	Europe
ReCiPe³	<p>Intermédiaire</p> <p>Modèle de caractérisation USES-LCA 2.0</p> <p>Modélise le transport et la dégradation des substances. Prend en compte la densité de la population et la surface pour le calcul de facteurs d'exposition spécifiques locaux.</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Human Toxicity Potential</i> (HTP)</p> <p>Dommmage</p> <p>Facteur de caractérisation Dommmage à la santé humaine (HH : <i>Damage to human health</i>)</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Unité de l'indicateur kg 1,4-DB équivalent/kg d'émissions dans l'air urbain</p> <p>Substance de référence 1,4-DB (1,4-dichlorobenzène)</p> <p>Dommmage</p> <p>Unité de l'indicateur année/kg</p>	1204 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01)	Europe
LUCAS⁴	<p>Modèle de caractérisation Modèle d'IMPACT2002+ adapté au contexte canadien (cancérogène et non cancérogène)</p> <p>Facteur de caractérisation N/T</p>	<p>Unité de l'indicateur kg chloroéthylène équivalent dans l'air/kg d'émissions (cancérogène et non cancérogène)</p> <p>Substance de référence Chloroéthylène</p>	environ 1000	15 écozones terrestres canadiennes

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
TRACI⁵ Dans TRACI, cette catégorie d'impact est divisée en 3 : cancérogène, non-cancérogène et effet respiratoire. Les effets respiratoires ne sont pas ici considérés.	Modèle de caractérisation Dérivé du modèle CalTox 2.2. Prend en compte le transport et les réactions dans l'atmosphère, de même que la densité de population des différentes régions. Facteur de caractérisation <i>Human Toxicity Potential</i> (HTP) Le HTP est calculé pour chaque voie d'exposition et pour le médium où a lieu l'émission de la substance (air et eau). Les valeurs sont agrégées pour chaque type d'effet (cancérogène et non cancérogène).	Cancérogène Unité de l'indicateur kg benzène équivalent/kg d'émissions Substance de référence benzène	Cancérogène 388 (SimaPro, TRACI 2 V3.01)	États-Unis
		Non cancérogène Unité de l'indicateur kg toluène équivalent/kg d'émissions Substance de référence toluène	Non cancérogène 688 (SimaPro, TRACI 2 V3.01)	
USEtox⁶	Modèle de caractérisation Modèle consensuel UNEP-SETAC basé sur les modèles CalTox, IMPACT 2002+, USES-LCA et EDIP. USEtox prend en compte la densité de la population et la surface pour le calcul de facteurs d'exposition spécifiques locaux. Modélisation du facteur d'effet des substances cancérogènes et non cancérogènes pour chaque voie d'exposition, basée sur des données de laboratoire. Le facteur d'effet de la toxicité humaine correspond au total des facteurs (cancérogènes et non cancérogènes) et il est exprimé en nombre de cas de maladie/kg absorbé (inhalation et ingestion). Facteur de caractérisation <i>Comparative Toxic Units for human health</i> (CTUh)	Unité de l'indicateur kg 1,4-DB équivalent/kg d'émissions Substance de référence 1,4-DB (1,4-dichlorobenzène)	environ 1100 (dont plus ou moins 100 substances à incertitude élevée, dites « intérim ») Les substances à incertitude élevée sont principalement les produits chimiques inorganiques et certains métaux.	Continentale Divisée en six (air urbain, air rural, sol pour l'agriculture, sol industriel, eau douce et eau marine côtière) Globale Mêmes divisions que l'échelle continentale, mais l'air urbain en moins. L'échelle globale est utilisée pour les impacts extérieurs à l'échelle continentale.

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003, Hauschild *et al.*, 2009b et Noris, 2003.
6. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2008; Rosenbaum *et al.*, 2008.
7. N/T : information non trouvée.

3.3.5. Écotoxicité aquatique

L'écotoxicité est similaire à la toxicité humaine, à la différence qu'elle couvre les impacts des substances toxiques sur les écosystèmes aquatiques et terrestres (le présent travail

se concentre uniquement sur l'écotoxicité aquatique) et non sur la santé humaine. La caractérisation repose sur les mêmes concepts que pour la toxicité humaine : la persistance dans l'environnement (*fate*), l'exposition (par inhalation ou ingestion d'aliments) et les effets (Goedkoop *et al.*, 2009; Guinée *et al.*, 2002).

Comme c'est le cas pour la toxicité humaine, cette catégorie d'impact comporte des niveaux d'incertitude relativement importants et elle ne faisait pas consensus avant le développement de la méthode USEtox. Cette méthode risque de devenir également la référence pour la caractérisation l'écotoxicité aquatique (Hauschild *et al.*, 2008). Le tableau 3.5 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.5 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « écotoxicité aquatique ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML 2002 ¹ CML couvre l'écotoxicité eau douce et l'écotoxicité marine	Modèle de caractérisation USES-LCA 2.0 (pour l'eau douce et l'eau de mer) Facteur de caractérisation <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential</i> (FAETP ^{∞, global}) <i>Marine Aquatic Ecotoxicity Potential</i> (MAETP ^{∞, global})	Unité de l'indicateur kg équivalent 1,4-DB/kg d'émissions dans l'eau douce/de mer Substance de référence 1,4-DB (1,4-dichlorobenzène)	892 Les substances pour l'écotoxicité aquatique eau douce et l'écotoxicité aquatique marine étant pratiquement identiques elles ne sont pas additionnées.	Globale
EDIP2003 ² EDIP couvre l'écotoxicité eau douce et l'écotoxicité marine	Modèle de caractérisation Modèle pour l'écotoxicité EDIP97 Facteur de risque multiplié par un facteur d'exposition <i>site-dependant</i> basé sur des modèles de comportement typiques de quatre régions européennes Facteur de caractérisation N/T ⁷	Unité de l'indicateur m ³ eau/g émis dans l'air, l'eau ou sur le sol Substance de référence N/T	192	Europe
ReCiPe ³ Dans ReCiPe, on retrouve l'écotoxicité sous la catégorie <i>Toxicity</i> , qui est divisée en 4 : toxicité humaine (voir	Intermédiaire Modèle de caractérisation USES-LCA 2.0 pour les polluants toxiques (organiques et métaux) Facteur de caractérisation Écotoxicité aquatique eau douce : <i>Freshwater Ecotoxicity Potential</i> (FETP) Écotoxicité aquatique marine : <i>Marine Ecotoxicity Potential</i> (METP)	Intermédiaire Unité de l'indicateur Écotoxicité aquatique eau douce : kg équivalent 1,4-DB/kg d'émissions dans l'eau douce Écotoxicité aquatique marine : kg équivalent 1,4-DB/kg d'émissions dans l'eau de mer	Écotoxicité aquatique eau douce : 1342 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01) Écotoxicité aquatique marine : 1342 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01) Les substances pour l'écotoxicité	Europe

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
section 3.3.4), écotoxicité terrestre, écotoxicité aquatique eau douce et écotoxicité aquatique marine.	Le facteur de caractérisation est le même pour les 3 scénarios (égalitaire, hiérarchique et individualiste)	Substance de référence 1,4-DB (1,4-dichlorobenzène)	aquatique eau douce et l'écotoxicité aquatique marine étant pratiquement identiques elles ne sont pas additionnées.	
	Dommmage Facteur de caractérisation Écotoxicité aquatique eau douce et écotoxicité aquatique marine : Dommmage à la diversité de l'écosystème (ED : <i>Damage to ecosystem diversity</i>)	Dommmage Unité de l'indicateur Écotoxicité aquatique eau douce et écotoxicité aquatique marine : année/kg		
LUCAS⁴	Modèle de caractérisation Modèle d'IMPACT2002+ adapté au contexte canadien Facteur de caractérisation N/T	Unité de l'indicateur kg triéthylène glycol équivalent dans l'eau/kg d'émissions Substance de référence TEG (triéthylène glycol)	environ 2000	15 écozones terrestres canadiennes
TRACI⁵ Dans TRACI, cette catégorie d'impact couvre l'écotoxicité terrestre et aquatique.	Modèle de caractérisation Dérivé du modèle CalTOX Le CSR pour le sol et l'eau de surface est obtenu à partir de la solution « état stationnaire » (<i>steady state solution</i>) du modèle <i>multimedia mass-balance</i> CalTOX avec des émissions continues dans l'air et l'eau de surface. Le CSR exprime la concentration (en moles par m ³) de substances chimiques <i>i</i> dans un médium environnemental <i>m</i> (sol ou eau de surface) sur la base d'émissions continues (en moles par jour) dans un compartiment <i>n</i> (air ou eau de surface). Pour les émissions dans l'air et l'eau de surface, un ETP (<i>Ecotoxicity Potential</i>) est calculé sur la base de l'impact potentiel sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. Facteur de caractérisation N/T	Unité de l'indicateur Substance de référence 2,4 - D (Acide dichloro-2,4 phénoxyacétique)	380 (SimaPro, TRACI 2 V3.01)	États-Unis
USEtox⁶ USEtox couvre seulement l'écotoxicité aquatique pour l'eau douce.	Modèle de caractérisation Modèle consensuel UNEP-SETAC basé sur les modèles CalTox, IMPACT 2002+, USES-LCA et EDIP. Basé sur les modèles CalTox, IMPACT 2002+, USES-LCA et EDIP. Le facteur d'effet dans USEtox est modélisé à partir de la section linéaire de la fonction dose-concentration (0.5/HC50), où HC50 est la concentration dangereuse à laquelle 50% des espèces sont exposées au-delà de leur EC50. La donnée de EC50	Unité de l'indicateur kg 1,4-DB équivalent/kg d'émissions Substance de référence 1,4-DB (1,4-dichlorobenzène)	Environ 2519 (dont plus ou moins 1335 substances à incertitude élevée, dites « intérim ») Les substances à incertitude élevée sont principalement les produits chimiques inorganiques et certains métaux.	Continentale Divisée en six (air urbain, air rural, sol pour l'agriculture, sol industriel, eau douce et eau marine côtière) Globale Mêmes divisions que l'échelle continentale, mais l'air urbain en moins. L'échelle

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
	<p>correspond à la concentration effective à laquelle 50 % d'une population affichent un effet de mortalité.</p> <p>USEtox utilise la sensibilité moyenne pour les espèces, plutôt que les espèces les plus sensibles comme c'est plus souvent le cas.</p> <p>L'effet chronique est préféré lorsque des données sont disponibles.</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Ecotoxic Comparative Toxic Units (CTUe)</i></p>			globale est utilisée pour les impacts extérieurs à l'échelle continentale.

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003, Hauschild *et al.*, 2009b et Noris, 2003.
6. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2008; Rosenbaum *et al.*, 2008.
7. N/T : information non trouvée.

3.3.6. Acidification

Les principales substances acidifiantes sont les SO₂, NO_x, le NH₃ et le HCl. La pluie, le brouillard, la neige, la rosée sont autant de vecteurs dans lesquels les polluants atmosphériques acides peuvent être trappés, transportés et déposés. Même les particules et les aérosols acides secs peuvent jouer un rôle acidifiant lorsqu'ils se déposent sur une surface liquide ou humide. Les impacts de l'acidification sont multiples. À titre d'exemple, la mortalité des poissons dans les lacs ou les dommages aux forêts (Norris, 2003; Guinée *et al.*, 2002).

Le potentiel acidifiant d'une substance est mesuré par sa capacité à former des ions H⁺. Ainsi, la plupart des méthodes d'évaluation des impacts utilisent l'*Acidification Potential* (AP) comme facteurs de caractérisation. L'AP est défini comme le nombre d'ions H⁺ produit par 1 kg d'une substance donnée par rapport à 1 kg de SO₂. L'AP représente donc l'acidification maximale qu'une substance peut causer. Enfin, il importe de mentionner que l'acidification varie beaucoup en fonction du milieu où la substance acidifiante se dépose (milieu récepteur). À ce niveau, les méthodes d'évaluation des impacts utilisent différents modèles (Baumann and Tillman, 2004). Le tableau 3.6 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.6 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « acidification ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML 2002¹ CML agrège l'acidification terrestre et aquatique.	Modèle de caractérisation Modèle RAINS10 Décrit le transport et le dépôt des substances acidifiantes en relation avec la charge « acide critique » de la surface réceptrice (sensibilité des surfaces : eau et sol). Facteur de caractérisation <i>Acidification Potential (AP)</i>	Unité de l'indicateur en kg SO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence SO ₂ (dioxyde de soufre)	5 (SimaPro, CML 2 baseline 2000 V2.04) 24 substances pour CML 2001 (<i>all impact categories</i> , V2.04)	Europe (moyenne européenne) CML tient compte de la sensibilité des surfaces en Europe.
EDIP2003²	Modèle de caractérisation Modèle RAINS, version 7.2 Facteur de caractérisation <i>Acidification Potential (AP) (EDIP 97)</i>	Unité de l'indicateur m ² d'écosystème non protégé/g d'émissions kg SO ₂ équivalent/kg d'émissions (EDIP 97) Substance de référence N/T	12	Europe
ReCiPe³ ReCiPe ne considère que l'acidification terrestre.	Intermédiaire Modèle de caractérisation Basé sur les modèles EUTREND et SMART 2.0 Facteur de caractérisation <i>Terrestrial acidification potential (TAP)</i>	Intermédiaire Unité de l'indicateur kg SO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence SO ₂ (dioxyde de soufre)	4	Europe Tient compte de la sensibilité spatiale (différenciation fine et non linéaire).
	Domage Facteur de caractérisation Domage à la diversité de l'écosystème (ED : <i>Damage to ecosystem diversity</i>)	Domage Unité de l'indicateur année/kg Le facteur de caractérisation diffère selon le scénario adopté (égalitaire, hiérarchique et individualiste)		
LUCAS⁴	Modèle de caractérisation Basé sur TRACI et le modèle de déposition pour l'Amérique du Nord : ASTRAP (Advanced Statistical Trajectory Regional Air Pollution). Permet d'analyser le devenir du SO ₂ et du NO _x et leur contribution dans l'acidification. Facteur de caractérisation N/T ⁶	Unité de l'indicateur kg SO ₂ équivalent/kg d'émissions Substance de référence SO ₂ (dioxyde de soufre)	22	15 écozones terrestres canadiennes Paramètres spatiaux canadiens : - déposition atmosphérique - facteurs de vulnérabilité - émissions de substances acidifiantes

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
TRACI ⁶	<p>Modèle de caractérisation TRACI a développé son propre modèle en se basant sur les résultats d'un modèle empirique calibré de transport et de chimie atmosphérique. Il estime la déposition terrestre totale attendue en équivalent H+ due aux émissions de NO_x et SO₂.</p> <p>Facteur de caractérisation Exprimé en H+ mole équivalent déposé. Il considère le potentiel de causer un dépôt acide sec et humide (sol et eau).</p>	<p>Unité de l'indicateur H+ mole équivalent déposé/kg d'émissions</p> <p>Substance de référence H+</p>	17	<p>États-Unis</p> <p>Régions à l'est ou à l'ouest du Mississippi, régions du nord-est, régions du mid-ouest, régions du sud, régions de l'ouest.</p> <p>États américains</p>

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003, Hauschild *et al.*, 2009b et Norris, 2003.
6. N/T : information non trouvée.

3.3.7. Eutrophisation aquatique

L'eutrophisation est principalement causée par des niveaux excessifs de nutriments phosphorés (P) et azotés (N) dans l'environnement. L'émission de matières organiques peut aussi contribuer à l'eutrophisation des milieux aquatiques. La surabondance de nutriments peut modifier la composition des espèces d'un écosystème et augmenter la production de biomasse dans les milieux aquatiques et terrestres. Par exemple, cela peut se traduire par la prolifération d'algues. Lorsqu'une eau est à l'origine pauvre en phosphore et qu'on y ajoute une certaine quantité de nutriments phosphorés, il y aura croissance d'algues. Dans ce cas, le phosphore sera considéré comme le facteur limitant. Le même raisonnement s'applique pour une eau pauvre en azote. Ainsi, pour les milieux aquatiques, le facteur limitant pour l'eau douce est généralement le phosphore, tandis que pour l'eau marine il s'agit de l'azote (Norris, 2003; Guinée *et al.*, 2002).

Étant donné que les écosystèmes ont différents facteurs limitants, l'eutrophisation peut grandement varier selon la situation géographique. De plus, il est difficile de prévoir quelle portion des nutriments transportés dans l'air retombera dans un milieu aquatique. Enfin, la chaleur dissipée dans les milieux aquatiques peut aussi contribuer au phénomène d'eutrophisation. Cependant, cet aspect n'est généralement pas intégré à la catégorie d'impact eutrophisation (Baumann and Tillman, 2004). Le tableau 3.7 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.7 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « eutrophisation aquatique ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
<p>CML 2002¹</p> <p>La version <i>baseline</i> de CML agrège l'eutrophisation terrestre et aquatique.</p>	<p>Modèle de caractérisation Ratio stœchiométrique Redfield (ratio fixe pour la biomasse terrestre et aquatique) et masse d'algue (phytoplancton) représentative produite par 1 mole de substance ajoutée.</p> <p>Ne considère pas la dispersion spatiale, ni la sensibilité de l'écosystème récepteur (seulement l'émission directe dans le milieu).</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Eutrophication Potential</i> (EP)</p>	<p>Unité de l'indicateur kg PO₄³⁻ équivalent/kg d'émissions dans l'air, l'eau et sur le sol</p> <p>Substance de référence PO₄³⁻ (ion phosphate)</p>	54	Globale
<p>EDIP2003²</p> <p>EDIP traite l'eutrophisation aquatique et terrestre séparément. Seule l'eutrophisation aquatique sera ici abordée.</p>	<p>Modèle de caractérisation Basé sur le modèle d'EDIP 97 et le modèle CARMEN 1.0.</p> <p>CARMEN considère 3 sources de nutriments (fertilisants, fumiers et STEP) et calcule la fraction qui atteint l'eau (douce et marine). EDIP 2003 utilise la quantité nette (vs la fraction globale).</p> <p>Facteur de caractérisation N/T⁶</p>	<p>Unité de l'indicateur kg NO₃⁻ équivalent/kg d'émissions</p> <p>kg N équivalent/kg d'émissions</p> <p>kg P équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substances de référence NO₃⁻ (ion nitrate) N (azote) P (phosphore)</p>	12	Europe
<p>ReCiPe³</p> <p>Dans ReCiPe, cette catégorie d'impact est divisée en deux : l'eutrophisation eau douce et l'eutrophisation marine. Il n'y a pas de sous-catégorie pour l'eutrophisation terrestre.</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Modèle de caractérisation Basé sur les modèles CARMEN et EUTREND.</p> <p>CARMEN considère 3 sources de nutriments (fertilisants, fumiers et STEP) et calcule la fraction qui atteint l'eau (douce et marine). ReCiPe utilise la quantité ou fraction globale (vs la quantité nette).</p> <p>EUTREND calcule où les émissions atmosphériques vont se déposer.</p> <p>Facteur de caractérisation Eutrophisation eau douce : <i>Freshwater Eutrophication Potential</i> (FEP). Eutrophisation marine : <i>Marine Eutrophication Potential</i> (MEP).</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Unité de l'indicateur Eutrophisation eau douce : kg P équivalent/kg d'émissions</p> <p>Eutrophisation marine : kg N équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substances de référence Eutrophisation eau douce : P (phosphore)</p> <p>Eutrophisation marine : N (azote)</p>	<p>Eutrophisation eau douce : 4 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01)</p> <p>Eutrophisation marine : 13 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01)</p>	<p>Europe</p> <p>Facteurs génériques pour l'Europe.</p> <p>Pays, eaux continentales et eaux côtières.</p>
	<p>Dommege Il n'y a pas de caractérisation de dommege pour l'eutrophisation eau douce et marine.</p>	<p>Dommege NA</p>		

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
<p>LUCAS¹</p> <p>LUCAS traite l'eutrophisation aquatique et terrestre séparément. Seule l'eutrophisation aquatique sera ici abordée.</p>	<p>Modèle de caractérisation Basé sur le modèle d'EDIP 2003, le modèle de déposition pour l'Amérique du Nord : ASTRAP (<i>Advanced Statistical Trajectory Regional Air Pollution</i>) et le modèle CARMEN (<i>CAuse effect Relation Model for Environment policy Negotiations</i>).</p> <p>La libération totale d'azote et de phosphore est calculée en combinant les intrants provenant des eaux usées, de l'atmosphère et de l'agriculture, pour chaque écozone.</p> <p>Facteur de caractérisation N/T</p>	<p>Unité de l'indicateur kg NO₃⁻ équivalent/kg d'émissions</p> <p>kg N équivalent/kg d'émissions</p> <p>kg P équivalent/kg d'émissions</p> <p>Substances de référence NO₃⁻ (ion nitrate)</p> <p>N (azote)</p> <p>P (phosphore)</p>	17	<p>15 écozones terrestres canadiennes</p> <p>Paramètres spatiaux canadiens : - écoulement et répartition des précipitations et nutriments - facteurs de vulnérabilité</p>
<p>TRACI⁵</p>	<p>Modèle de caractérisation Modèle spécifique aux États-Unis.</p> <p>Le facteur de caractérisation pour l'eutrophisation provient de la multiplication d'un « facteur nutriment » (<i>nutrient factor</i>) et d'un facteur de transport.</p> <p>Le « facteur nutriment » considère l'influence sur la croissance d'algue de 1 kg d'azote versus 1 kg de phosphore lorsque chacun est le facteur limitant, selon le modèle d'effet Redfield.</p> <p>Le facteur de transport prend en compte la probabilité que la substance émise se dépose dans un environnement aquatique où elle est le facteur limitant (directement ou par transport via l'eau ou l'air). La modélisation du transport est régionalisée.</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Eutrophication Potential</i> (EP)</p>	<p>Unité de l'indicateur kg N équivalent/kg d'émissions dans l'eau ou l'air</p> <p>Substances de référence N (azote)</p>	18	<p>États-Unis</p> <p>Régions à l'est ou à l'ouest du Mississippi, régions du nord-est, régions du mid-ouest, régions du sud, régions de l'ouest</p> <p>États américains</p>

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b et Belhani, 2009.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003, Hauschild *et al.*, 2009b et Noris, 2003.
6. N/T : information non trouvée.

3.3.8. Utilisation du territoire

Cette catégorie d'impact traite des différentes conséquences de l'utilisation et de la transformation du territoire par l'homme. Lorsqu'une activité nécessite de grandes surfaces de terre, ces dernières sont considérées temporairement non disponibles pour remplir d'autres fonctions (culture pour l'alimentation par exemple). Cette réalité est

considérée comme une perte du territoire en tant que ressource (Van der Werf and Turunen, 2007). La perte de biodiversité et de support à la vie (*Life Support Function*) sont aussi abordées dans cette catégorie d'impact, puisqu'elles résultent de l'utilisation du territoire (Guinée *et al.*, 2002).

Cette catégorie est très débattue au sein de la communauté scientifique travaillant au développement de la méthodologie d'ACV. Comme plusieurs aspects différents sont abordés dans cette catégorie d'impact (utilisation et transformation du territoire, perte de biodiversité et de support à la vie, etc.), il n'y a pas de méthode cohérente pour traiter simultanément toutes ces dimensions (*Ibid.*, 2002). Le tableau 3.8 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.8 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « utilisation du territoire ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de types d'occupation du territoire	Échelle spatiale géographique
CML 2002 ¹	<p>Modèle de caractérisation Agrégation non pondérée</p> <p><i>Land competition</i> Approche « compétition » : le territoire est considéré comme une ressource. La perte du territoire est donc abordée comme la perte d'une ressource qui devient temporairement non disponible.</p> <p>Les données de l'ICV doivent être agrégées sans pondération.</p> <p>Facteur de caractérisation 1 pour tous les types de territoire (sans dimension).</p>	<p>Unité de l'indicateur $m^2 \cdot \text{année}/m^2 \cdot \text{année}$</p> <p>Substances de référence N/A</p>	N/A	Globale
EDIP2003	N/A ⁵	N/A	N/A	N/A
ReCiPe ²	<p>Intermédiaire</p> <p>Modèle de caractérisation Approche « compétition » comme dans CML.</p> <p>Tient compte de la durée d'occupation et de la transformation du territoire.</p> <p>Considère les particularités des écosystèmes affectés et de la nature de l'utilisation</p> <p>L'occupation du territoire est divisée en deux : territoire agricole et urbain.</p> <p>Facteur de caractérisation</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Unité de l'indicateur Territoires agricole et urbain : $m^2 \cdot \text{année}/m^2 \cdot \text{année}$</p> <p>Transformation du territoire : m^2/m^2</p>	<p>Nombre de types d'occupation de terres agricoles : 27</p> <p>Nombre de types d'occupation de terrains urbains : 16</p> <p>ReCiPe permet de choisir entre différents types d'occupation et de transformation. Par exemple, pour l'occupation agricole, on peut choisir forêt,</p>	Europe

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de types d'occupation du territoire	Échelle spatiale géographique
	<p><i>Agricultural Land Occupation Potential (ALOP)</i></p> <p><i>Urban Land Occupation Potential (ULOP)</i></p> <p><i>Natural Land Transformation Potential (NLTP)</i></p> <p>Domage Basé sur la méthode Eco-Indicator 99 (<i>Potential Disappeared Fraction of species – PDF et Species Density - SD</i>).</p> <p>Facteur de caractérisation Domage à la diversité de l'écosystème (ED : <i>Damage to Ecosystem Diversity</i>) Le facteur de caractérisation domage n'a pas de lien direct avec le facteur de caractérisation intermédiaire.</p> <p>Le facteur de caractérisation est le même pour les 3 scénarios (égalitaire, hiérarchique et individualiste)</p>	<p>Domage</p> <p>Unité de l'indicateur année/m²</p>	<p>prairies et pâturages, etc.</p>	
LUCAS³	<p>Modèle de caractérisation Basé sur le modèle LCAGAPS</p> <p>Facteur de caractérisation Biodiversité et <i>Life Support Functions (LSF)</i></p>	<p>Unité de l'indicateur N/T⁶</p> <p>Substances de référence N/T</p>	<p>N/A</p>	<p>15 écozones terrestres canadiennes</p> <p>Paramètres spatiaux canadiens : - biodiversité</p>
TRACI⁴	<p>Modèle de caractérisation TRACI utilise la densité des espèces en danger/menacées pour un territoire donné (pour un comté par exemple). Le modèle assume qu'un territoire ayant un plus grand nombre d'espèces en danger/menacées a une plus grande valeur.</p> <p>Facteur de caractérisation Index d'utilisation du territoire <i>Land Use Index =</i> $\sum_i A_i \cdot (T\&E_i) / CA_i$</p> <p>Où A_i correspond à la surface de l'activité humaine par unité fonctionnelle du produit; $T\&E_i$ correspond au nombre d'espèces en danger et menacées pour un comté donné; CA_i correspond à la surface du comté donné.</p>	<p>Unité de l'indicateur Utilisation d'une certaine surface du territoire en m²</p>	<p>N/A</p>	<p>États-Unis</p> <p>Régions à l'est ou à l'ouest du Mississippi, régions du nord-est, régions du mid-ouest, régions du sud, régions de l'ouest.</p> <p>États et comtés américains.</p>

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
4. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003.
5. N/A : non applicable
6. N/T : information non trouvée.

3.3.9. Consommation des ressources naturelles

Cette catégorie d'impact traite de l'épuisement des ressources naturelles abiotiques et biotiques. Les ressources abiotiques sont considérées comme « non vivantes » (minéral, pétrole, etc.), par opposition aux ressources biotiques qui sont « vivantes » (forêt, plantes, etc.). Peu ou pas de méthodes d'ÉICV offrent un modèle de caractérisation pour les ressources biotiques (Baumann and Tillman, 2004; Guinée *et al.*, 2002).

Cette catégorie est l'une des plus débattues quant à la méthodologie à suivre pour évaluer les impacts environnementaux. Ainsi, il y a une grande variété de méthodes qui existent, mais il n'y a aucun consensus. Les méthodes se basent souvent sur l'une des trois approches suivantes : l'état des réserves mondiales et leur vitesse d'extraction, l'exergie et la possibilité d'extraire les ressources dans le futur (*Ibid.*, 2004; *Ibid.*, 2002). Le tableau 3.9 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.9 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « consommation des ressources naturelles ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
CML 2002¹ CML couvre seulement la déplétion des ressources abiotiques.	Modèle de caractérisation Modèle basé sur les réserves ultimes (ressources abiotiques seulement) et leur taux d'extraction annuel. Les ressources « énergétiques » (pétrole, gaz naturel, etc.) et les ressources minérales sont évaluées ensemble. Facteur de caractérisation <i>Abiotic Depletion Potential (ADP)</i>	Unité de l'indicateur kg antimoine équivalent/kg d'extractions Substance de référence Sb (antimoine)	88	Globale
EDIP2003² Cette catégorie d'impact repose sur le modèle d'EDIP 97.	Modèle de caractérisation Basé sur la consommation annuelle des ressources par rapport aux prévisions des réserves restantes qui sont économiquement viables à exploiter. Dans le cas des ressources renouvelables, un facteur est utilisé seulement si le taux d'extraction dépasse le taux de renouvellement. Facteur de caractérisation N/T ⁶	Unité de l'indicateur réserve par personne Substance de référence N/T	33	Globale

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
ReCiPe ³	<p>Intermédiaire</p> <p>Modèle de caractérisation Basée en partie sur Eco-indicator 99.</p> <p>Traite seulement des ressources non renouvelables (<i>Deposits</i>).</p> <p>La catégorie épuisement des ressources minérales couvre seulement les métaux.</p> <p>Facteur de caractérisation Épuisement des ressources minérales : <i>Mineral depletion potential</i> (MDP) Épuisement des ressources fossiles : <i>Fossil depletion potential</i> (FDP)</p>	<p>Intermédiaire</p> <p>Unité de l'indicateur Épuisement des ressources minérales : kg de fer/kg</p> <p>Épuisement des ressources fossiles : MJ/kg, MJ/MJ ou MJ/m³ (on considère qu'il y a 42 MJ/kg de pétrole)</p> <p>Substance de référence Épuisement des ressources minérales : Fe (fer) Épuisement des ressources fossiles : Pétrole brut (<i>Oil</i>)</p>	<p>Épuisement des ressources minérales : 78 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01)</p> <p>Épuisement des ressources fossiles : 33 (SimaPro, ReCiPe Midpoint (H) V1.01)</p>	Globale
	<p>Dommmage Modélisation monétaire prenant en compte l'inflation.</p> <p>Facteur de caractérisation Épuisement des ressources minérales : <i>Damage to resource cost</i> (RC)</p> <p>Épuisement des ressources fossiles : <i>Damage to resource cost</i> (RC)</p>	<p>Dommmage</p> <p>Unité de l'indicateur Épuisement des ressources minérales : \$/kg</p> <p>Épuisement des ressources fossiles : \$/kg, \$/MJ ou \$/m³</p>		
LUCAS ⁴	<p>Modèle de caractérisation Basé sur le modèle <i>Surplus energy concept</i> tel qu'utilisé dans la méthode Eco-indicator 99.</p> <p>L'extraction des ressources fossiles tend à consommer en premier les réserves les moins chères à exploiter. Les extractions futures consommeront donc de plus en plus d'énergie. Le même principe est appliqué aux ressources minérales.</p> <p>Couvre seulement les ressources abiotiques.</p> <p>Facteur de caractérisation Extraction des ressources minérales</p> <p>Extraction des ressources fossiles</p>	<p>Unité de l'indicateur Surplus en MJ (pour l'extraction des ressources minérales et fossiles)</p> <p>Le surplus d'énergie nécessaire pour extraire les ressources, étant donné qu'elles sont de moins en moins facilement accessibles.</p> <p>Substance de référence N/T</p>	<p>Extraction des ressources minérales : 56</p> <p>Extraction des ressources fossiles : 24</p>	Globale
TRACI ⁵	<p>Modèle de caractérisation Basé sur le modèle <i>Surplus energy concept</i> tel qu'utilisé dans la méthode Eco-indicator 99.</p> <p>L'extraction des ressources fossiles tend à consommer en premier les réserves les moins chères à exploiter. Les extractions futures consommeront donc de plus en plus d'énergie.</p>	<p>Unité de l'indicateur N/T</p> <p>Substance de référence N/T</p>	N/T	Globale

Méthode d'ÉICV	Caractérisation	Unité de l'indicateur et substance de référence	Nombre de substances prises en compte	Échelle spatiale géographique
	<p>TRACI ne traite que des ressources fossiles.</p> <p>Facteur de caractérisation Index de ressources fossiles (<i>Fossil Fuel Index</i>) $\sum_i N_i \cdot F_i$</p> <p>Où N_i correspond à l'augmentation d'énergie nécessaire par unité de consommation d'énergie fossile i; F_i correspond à la consommation d'énergie fossile i par unité de produit.</p>			

1. Informations tirées de Guinée *et al.*, 2002 et Hauschild *et al.*, 2009b.
2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.
3. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009 et Hauschild *et al.*, 2009b.
4. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b, Toffoletto *et al.*, 2007 et Toffoletto, 2005.
5. Informations tirées de Bare *et al.*, 2003, Hauschild *et al.*, 2009b et Noris, 2003.
6. N/T : information non trouvée.

3.3.10. Consommation des ressources en eau

Cette catégorie traite de la raréfaction de l'eau, un problème environnemental grandissant dans plusieurs régions du monde (Bayart *et al.*, 2010). Malgré cette réalité, peu de méthodes et/ou modèles scientifiques sont présentement reconnus pour caractériser la raréfaction des ressources en eau (Bayart *et al.*, 2010; Goedkoop *et al.*, 2009). Par conséquent, lors d'ACV, les impacts environnementaux potentiels liés à la consommation des ressources en eau ne sont que très rarement pris en compte (Bayart *et al.*, 2010).

Les développements actuels pour cette catégorie d'impact cherchent à intégrer la différenciation régionale et le stress hydrique. En effet, les réserves naturelles d'eau ne sont pas les mêmes dans toutes les régions du monde. Ainsi, un prélèvement dans un endroit où l'eau est rare aura un impact environnemental beaucoup plus important que dans une région où l'eau est abondante (Bayart *et al.*, 2010; Frischknecht *et al.*, 2006). La notion de stress hydrique est donc utile pour traduire le ratio entre les prélèvements et la disponibilité hydrique (Frischknecht *et al.*, 2006). D'autres facteurs sont aussi pris en compte, comme les différents types d'eau (eaux bleues, vertes et grises), la provenance de l'eau (rivières, souterraine, etc.) ou les eaux industrielles (eaux de procédé et eaux de refroidissement). Enfin, il est à noter que l'Organisation internationale de normalisation travaille actuellement au développement d'une norme pour définir un système de mesure de « l'empreinte eau » harmonisé, soit la norme ISO 14046 intitulée *Empreinte eau* –

Exigences et lignes directrices (Rimbault et Humbert, 2011). Le tableau 3.10 résume les principales caractéristiques des méthodes d'ÉICV pour cette catégorie d'impact.

Tableau 3.10 Caractéristiques des méthodes d'évaluation des impacts pour la catégorie d'impact « consommation des ressources en eau ».

Méthode d'ÉICV	Caractérisation
CML 2002	N/A ⁴
EDIP2003	N/A
ReCiPe ¹ Cette catégorie d'impact couvre seulement la caractérisation intermédiaire.	<p>Exprime la quantité d'eau consommée.</p> <p>ReCiPe propose cinq types d'eau tirés de la base de données Ecoinvent : lac; rivière; puits/souterraine; origine naturelle non spécifiée (m³/m³) et; origine naturelle non spécifiée (m³/kg)</p> <p>Facteur de caractérisation <i>Water depletion potential</i> (WDP) - Lac, rivière, puits/souterraine et origine naturelle non spécifiée (1) - Origine naturelle non spécifiée (0.001)</p> <p>Unité de l'indicateur - Lac, rivière, puits/souterraine et origine naturelle non spécifiée (m³/m³) - Origine naturelle non spécifiée (m³/kg)</p> <p>Échelle spatiale géographique Globale</p>
LUCAS	N/A
TRACI	N/A
MEEuP ²	<p>Utilisation de l'eau.</p> <p>Deux types d'eau spécifique à l'industrie : eaux de procédé et aux de refroidissement</p> <p>Unité de l'indicateur Litres (utilisation en litres)</p> <p>Échelle spatiale géographique Europe</p>
Swiss Eco Scarcity ³	<p>Lors du calcul, une pondération différente est utilisée en fonction du niveau de rareté de l'eau (stress hydrique) dans la région considérée. L'OCDE mesure le stress hydrique en mettant en relation la consommation (consommation humaine, irrigation et usage industriel) avec la disponibilité de la ressource. Une consommation d'une proportion supérieure à 40 % est jugée comme un « stress élevé » (<i>high pressure</i>), tandis qu'une proportion de 20 % est considérée comme un « stress moyen ». Un stress moyen constitue la limite acceptable pour un usage durable de l'eau (<i>critical flow</i>).</p> <p>Caractérisation intermédiaire et de dommages. Les indicateurs de dommage prennent la forme « distance à la cible » (<i>distance to target</i>) en se basant sur les cibles et objectifs des politiques et lois.</p> <p>Échelle spatiale géographique Régional (système de classification qui repose sur la rareté de l'eau pour un endroit donné).</p>

1. Informations tirées de Goedkoop *et al.*, 2009.

2. Informations tirées de Hauschild *et al.*, 2009b.

3. Informations tirées de Frischknecht *et al.*, 2006.

4. N/A : non applicable

4. ÉVALUATION COMPARATIVE DE SIX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS EN FONCTION DE DIX CATÉGORIES D'IMPACT

Le chapitre 4 présente l'évaluation comparative des six méthodes d'évaluation des impacts pour les dix catégories d'impact retenues dans le cadre de ce travail. L'objectif de cette évaluation n'est pas de déterminer quelle méthode est la meilleure de façon globale, mais bien de définir quelle(s) méthode(s) il est préférable d'utiliser pour chaque catégorie d'impact donnée, selon les connaissances scientifiques actuelles. Pour ce faire, une grille d'évaluation comparative comportant huit critères a été conçue. Les cotes attribuées reposent sur les informations colligées au chapitre 3. Les résultats de cette évaluation comparative constituent un des intrants principaux pour l'outil d'aide destiné aux entreprises du secteur textile (chapitre 6).

Tel que soulevé au chapitre 3, un travail semblable a récemment été mené par le *Joint Research Centre* pour la Commission européenne. Les recommandations à venir du JRC seront sans aucun doute une référence incontournable pour l'analyse des méthodes d'évaluation des impacts et des catégories d'impact. Ainsi, lorsque les recommandations officielles du JRC seront disponibles, elles seront intégrées dans la grille d'évaluation comparative et elles contribueront à la hiérarchisation des méthodes d'ÉICV. Entre-temps, les recommandations préliminaires du JRC sont incorporées à titre indicatif seulement.

4.1. Méthodologie

La grille d'évaluation comparative vise à hiérarchiser les méthodes d'évaluation des impacts qui sont à favoriser pour une catégorie d'impact donnée. La grille repose sur huit critères d'évaluation qui ont été développés à partir des critères relevés dans la littérature scientifique, ainsi que des réponses des experts en ACV tels que les consultants, les chercheurs et les doctorants.

4.1.1. Questionnaires aux experts en ACV

Deux questionnaires ont été développés pour sonder les experts en ACV. Ces enquêtes visaient, entre autres, à identifier les critères qui sont utilisés par les experts pour choisir une ou des méthode(s) d'évaluation des impacts et des catégories d'impact, lors de la réalisation d'une ACV. Le premier questionnaire comportait trois questions ouvertes et il a été envoyé à un groupe restreint de 15 experts, du Québec et de la France, ciblés en

fonction de leurs expérience et connaissances en matière d'ACV. Ce questionnaire et les réponses obtenues sont présentés à l'annexe 3. Le deuxième sondage comportait 14 questions (cinq ouvertes et neuf fermées); il a été conçu par Tatiana Reyes de l'université de technologie de Troyes (France) et Pablo Arena de l'Université technologique nationale de Mendoza (Argentine). Ce questionnaire a permis d'obtenir un échantillon beaucoup plus vaste et international que le premier questionnaire, étant donné qu'il a été déposé sur un site d'échange internet fréquenté par les acteurs de l'ACV (*LCA List*). Le deuxième sondage se trouve à l'annexe 4.

Une compilation de toutes les réponses obtenues pour les deux questionnaires a permis de définir une liste de critères récurrents utilisés par les experts et praticiens de l'ACV, lorsqu'ils choisissent une ou des méthode(s) d'évaluation des impacts ou des catégories d'impact (les réponses similaires ont été regroupées). Cette liste, présentée au tableau 4.1, a servi d'intrant à la conception des huit critères d'évaluation pour la grille comparative (section 4.2). Une fois les critères d'évaluation déterminés, ils ont été transmis aux experts qui avaient démontré le plus d'intérêt lors de l'envoi du questionnaire numéro 1, afin d'obtenir leurs commentaires et valider les critères.

4.1.2. Revue de littérature

En plus des questionnaires, les critères développés pour la grille comparative reposent sur une revue de la littérature. Des critères d'évaluation ont été extraits de trois sources principales : la norme ISO 14044:2006 (ISO, 2006b), le document *ILCD Handbook: Framework and requirements for LCIA models and indicators* du JRC (Hauschild *et al.*, 2009a) et divers ouvrages et articles scientifiques traitant des méthodes d'évaluation des impacts dans l'ACV, incluant le *Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards* (Guinée *et al.*, 2002).

La première source, soit la norme ISO 14044, définit des exigences et des recommandations à respecter lorsque des catégories d'impact, des indicateurs de catégorie et des modèles de caractérisation sont sélectionnés lors d'une ACV (le terme « catégories d'impact » sera utilisé à l'avenir pour ces trois expressions afin d'alléger le texte) (ISO, 2006b). La norme stipule qu'à chaque fois que des catégories d'impact sont choisies dans le cadre d'une ACV, toutes les sources doivent être mentionnées (*Ibid.*, 2006b). Cette exigence requiert de la transparence, en plus d'assurer la validité

scientifique et la reproductibilité des modèles sous-jacents aux catégories d'impact. Les principales exigences et recommandations touchant à la sélection de catégories d'impact émises par la norme ISO 14044 sont présentées au tableau 4.1.

La deuxième source, soit le *ILCD Handbook: Framework and requirements for LCIA models and indicators*, représente une source d'information faisant consensus, en plus d'être pertinente par rapport au sujet du présent travail. En effet, l'objectif de cet ouvrage de référence consiste précisément à juger de la valeur des différentes méthodes d'évaluation des impacts et des catégories d'impact (Jolliet *et al.*, 2010; Hauschild *et al.*, 2009a). L'analyse menée par le JRC repose sur six critères principaux, dont cinq d'ordre scientifique et un relatif aux parties prenantes. Ces six critères de base sont ensuite subdivisés en 31 sous-critères. (Hauschild *et al.*, 2009a). Les critères et sous-critères qui recoupaient à la fois les exigences définies dans la norme ISO 14044 et les réponses des experts aux questionnaires, tout en cadrant avec les objectifs de la grille d'évaluation comparative, ont été retenus. Ils se retrouvent dans le tableau 4.1.

La troisième source, une brève revue de plus d'une dizaine d'ouvrages et d'articles touchant aux méthodes d'évaluation des impacts et aux catégories d'impact, a également permis de recenser des critères d'évaluation possibles. La plupart des critères relevés dans les divers ouvrages et articles sont similaires aux réponses des experts, aux exigences de la norme ISO 14044 et aux critères établis par le JRC. Cette redondance permet de conclure qu'une bonne couverture du sujet a été faite. Les principaux critères provenant des articles scientifiques consultés sont résumés dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 Compilation des critères possibles pour la grille d'évaluation comparative provenant des questionnaires et de la littérature.

Source : questionnaire 1
1. L'universalité de la méthode d'évaluation des impacts (représente bien l'échelle mondiale)
2. La robustesse scientifique et la reconnaissance internationale des méthodes d'ÉICV/catégories d'impact
3. L'âge des données
4. La situation géographique du produit étudié
5. L'exhaustivité des catégories d'impact offerte par les méthodes d'ÉICV
6. Les catégories intermédiaires couvrent bien les catégories de dommages
7. La présence de catégories de dommages pour la communication des résultats
8. La culture et les stratégies de l'entreprise qui effectue l'ACV
9. La présence de catégories d'impact intermédiaires et de dommages
10. La pérennité et l'âge de la méthode d'ÉICV
11. La zone géographique dans laquelle la méthode d'ÉICV sera appliquée
12. La couverture offerte par les catégories d'impact
13. Les substances prises en compte par la méthode d'ÉICV

<p>14. La stabilité et la robustesse scientifique des modèles scientifiques utilisés par la méthode d'ÉICV</p> <p>15. La connaissance de la méthode d'ÉICV et l'accès à l'information concernant cette méthode d'ÉICV</p> <p>16. La pertinence par rapport aux objectifs et au champ de l'étude</p>
<p>Source : questionnaire 2</p>
<p>17. La connaissance de la méthode d'ÉICV (formation, utilisation fréquente, etc.)</p> <p>18. La méthode d'ÉICV la plus souvent citée dans la littérature</p> <p>19. La présence du moins d'indicateurs possible (pour faciliter les décisions)</p> <p>20. La méthode d'ÉICV qui offre le plus de catégories d'impact (résultat le plus complet)</p> <p>21. La méthode d'ÉICV qui offre un manuel complet et transparent</p> <p>22. La méthode d'ÉICV qui semble la plus à jour, la plus actualisée</p> <p>23. La méthode d'ÉICV qui couvre la zone géographique qui correspond à l'étude</p> <p>24. La méthode d'ÉICV qui semble la plus générale</p> <p>25. Les catégories d'impacts intermédiaires et/ou de dommages</p> <p>26. La pertinence par rapport aux objectifs et au champ de l'étude</p> <p>27. La pérennité et l'âge de la méthode d'ÉICV</p> <p>28. La culture et les stratégies de l'entreprise qui effectue l'ACV</p>
<p>Source : norme ISO 14044 (ISO, 2006b)</p>
<p>29. Les catégories d'impact choisies doivent être cohérentes avec les objectifs et le champ de l'étude</p> <p>30. Les catégories d'impact sélectionnées doivent couvrir l'ensemble des impacts environnementaux potentiels en lien avec le bien ou service à l'étude</p> <p>31. Les mécanismes environnementaux doivent être expliqués</p> <p>32. Les catégories d'impact (les modèles scientifiques) doivent faire consensus à l'échelle internationale</p> <p>33. Les catégories d'impact doivent éviter le double comptage</p> <p>34. Les modèles de caractérisation doivent être scientifiquement valides, s'appuyer sur un mécanisme environnemental identifiable et être reproductibles</p> <p>35. Les indicateurs de catégorie doivent être pertinents d'un point de vue environnemental</p>
<p>Source: ILCD Handbook: Framework and requirements for LCIA models and indicators (Hauschild et al., 2009a)</p>
<p>36. Exhaustivité de la couverture faite par le modèle de caractérisation</p> <p>37. Pertinence environnementale du modèle de caractérisation</p> <p>38. Robustesse et la certitude scientifique du modèle de caractérisation</p> <p>39. Documentation, transparence et reproductibilité du modèle de caractérisation</p> <p>40. Applicabilité du modèle de caractérisation</p> <p>41. Acceptabilité de la part des parties prenantes et facilité de communication dans une perspective d'entreprise et de politiques</p> <p>42. Le nombre total de substances couvertes par le modèle de caractérisation</p> <p>43. Toutes les parties du mécanisme environnemental, qui décrit la chaîne de cause à effet, sont incluses et présentent une qualité scientifique acceptable selon les connaissances actuelles</p> <p>44. Le modèle de caractérisation a fait l'objet de revue par des experts (peer reviewed)</p> <p>45. Le modèle de caractérisation reflète les derniers développements scientifiques</p> <p>46. Il y a des publications exposant les bases scientifiques, de façon transparente, sur lesquelles repose le modèle de caractérisation</p> <p>47. L'indicateur peut facilement être compris et interprété par les parties prenantes</p> <p>48. Le modèle de caractérisation repose sur une entité scientifique internationale reconnue (par exemple, le GIEC)</p> <p>49. Les bases scientifiques derrière le modèle de caractérisation sont facilement compréhensibles pour les non-experts de l'ACV</p> <p>50. Le modèle de caractérisation reflète les politiques actuelles en matière d'environnement</p>
<p>Source : articles scientifiques (Larsen and Hauschild, 2007; Toffoletto et al., 2007; Dreyer et al., 2003; Guinée et al., 2002)</p>
<p>51. La méthode d'ÉICV est compatible avec les exigences de l'ACV (objectifs, champ, etc.)</p> <p>52. L'indicateur est pertinent au niveau environnemental</p> <p>53. La méthode d'ÉICV peut être facilement reproduite</p> <p>54. Le nombre et la complexité des données requises pour utiliser la méthode d'ÉICV ne sont pas trop élevés</p> <p>55. L'incertitude de la méthode d'ÉICV ou du modèle utilisé est quantifiée</p> <p>56. La méthode scientifique et la documentation sont transparentes et faciles à comprendre</p> <p>57. La méthode d'ÉICV couvre bien la différenciation spatiale</p> <p>58. Les modèles scientifiques sur lesquels reposent les méthodes d'ÉICV sont acceptés par la communauté scientifique internationale (validité scientifique)</p> <p>59. Les résultats peuvent être interprétés en termes d'impact environnemental intermédiaire ou de</p>

dommages
60. Les substances les plus importantes dans l'ICV sont couvertes (nombre de substances couvertes par la méthode d'ÉICV)
61. Les résultats obtenus semblent, toute proportion gardée, cohérents avec les résultats provenant d'autres outils d'évaluation environnementale
62. La méthode d'ÉICV offre la possibilité d'avoir un score unique aux fins de communication, comparaison et décision

4.1.3. Sélection et regroupement des critères pour la grille d'évaluation comparative

Tous les critères provenant des questionnaires, de la norme ISO 14044, du document du JRC et de la littérature ont d'abord été compilés (tableau 4.1). Sur ce total de 62 critères possibles, plusieurs ont été éliminés parce qu'il a été jugé qu'ils ne cadraient pas avec le présent travail pour diverses raisons. Par exemple, le critère « exhaustivité des catégories d'impact offerte par les méthodes d'ÉICV » n'a pas été retenu, puisque les catégories d'impact ont été prédéterminées au chapitre 3. Aussi, plusieurs critères étaient propres à l'étude d'ACV ou à l'entreprise (la culture et les stratégies de l'entreprise qui effectue l'ACV, par exemple), de ce fait ils ne permettent pas de comparer les méthodes d'ÉICV. Ils ont donc été mis de côté, mais ils ont par la suite été utiles pour la conception de l'outil d'aide (chapitre 6). Ainsi, les 62 critères possibles ont été réduits à 43, puis ces derniers ont été regroupés sous des thèmes globaux, étant donné que plusieurs d'entre eux faisaient référence au même sujet. À titre d'exemple, plusieurs critères parlaient de bases scientifiques fiables et à jour, ils ont donc été regroupés sous le critère global « Bases scientifiques reconnues par rapport aux connaissances actuelles ». Cet exercice a permis d'obtenir les huit critères globaux qui seront utilisés dans la grille d'évaluation comparative (tableau 4.2).

Tableau 4.2 Regroupement des critères retenus pour la grille d'évaluation comparative.

Critères d'évaluation globaux	Critères regroupés (se référer au tableau 4.1)
1. Bases scientifiques reconnues par rapport aux connaissances actuelles	2, 14, 18, 32, 34, 38, 43, 44, 45, 48 et 58
2. Substances prises en compte	13, 42 et 60
3. Différenciation spatiale géographique (pays, régions, etc.)	1, 4, 11, 23 et 57
4. Pérennité de la méthode d'évaluation des impacts	10
5. Âge et qualité des données	3, 22, 44 et 45
6. Manuel méthodologique	15, 21, 31, 34, 39, 46, 49, 53 et 54
7. Communication interne et externe	7, 9, 25, 41, 47, 59 et 62
8. Différenciation autre que géographique (milieux récepteurs, vecteurs, etc.)	35, 36 et 52

4.2. Critères d'évaluation retenus

Tel que décrit ci-dessus, les critères d'évaluation pour la grille comparative proviennent du croisement de réponses d'experts en ACV à deux questionnaires et d'une revue de littérature. Les huit critères d'évaluations définis au terme de cet exercice se retrouvent au tableau 4.2. Une brève description de chaque critère est présentée afin de bien établir leur portée.

4.2.1. Bases scientifiques reconnues par rapport aux connaissances actuelles

Ce critère juge si la méthodologie utilisée par la méthode d'évaluation des impacts repose sur des bases scientifiques faisant consensus au regard des connaissances actuelles. La validité des modèles scientifiques assure que les impacts potentiels sur l'environnement seront évalués en reflétant le plus fidèlement possible la réalité. Ainsi, ce critère favorise une méthode ayant recours à des modèles scientifiques faisant consensus. Une méthode faisant appel à des modèles comportant beaucoup d'incertitudes ou des bases qualitatives sera défavorisée.

4.2.2. Substances prises en compte

Les différentes méthodes d'évaluation des impacts ne permettent pas de calculer les effets potentiels sur l'environnement pour le même nombre de substances. Par exemple, pour la catégorie d'impact « formation de smog photochimique », CML 2002 couvre 127 substances, tandis que TRACI en couvre 529 (Hauschild *et al.*, 2009b). Ainsi, il pourrait arriver qu'une substance qui se trouve dans l'ICV soit couverte par TRACI, mais pas par CML 2002. Ce critère évalue donc les méthodes d'ÉICV en fonction du nombre de substances qu'elles incluent. Une méthode d'ÉICV couvrant un nombre élevé de substances sera avantagée.

4.2.3. Différenciation spatiale géographique (pays, régions, etc.)

Dans le cadre de la grille d'évaluation comparative, l'expression « différenciation spatiale géographique » se concentre sur le pays ou continent couvert, de même que les niveaux de différenciation disponibles à l'intérieur de cette zone. Par exemple, la méthode d'évaluation des impacts TRACI couvre les États-Unis. De plus, pour certaines catégories d'impact, TRACI permet de préciser la zone géographique en offrant des subdivisions par grandes régions (zone à l'est du Mississippi, etc.), par États ou même par comté (Bare *et al.*, 2003). Plus la différenciation spatiale est fine, plus l'évaluation des impacts

environnementaux potentiels sera proche de la réalité. Le présent critère regarde donc si la méthode d'ÉICV offre plusieurs niveaux de différenciation spatiale géographique et favorise celle qui en a le plus.

4.2.4. Pérennité de la méthode d'évaluation des impacts

Les réponses des experts en ACV aux questionnaires (annexes 3 et 4) ont fait ressortir l'importance de la survie dans le temps de la méthode d'évaluation des impacts. En effet, les entreprises qui désirent comparer des résultats d'ACV de leurs produits d'une année à l'autre, afin de mesurer si elles se sont améliorées, doivent pouvoir réutiliser la même méthode d'ÉICV sur plusieurs années (Leroy, 2010; Longet, 2010). Ce critère évalue donc si la méthode d'ÉICV existe depuis longtemps ou si l'information disponible à l'heure actuelle laisse croire qu'elle survivra à long terme.

4.2.5. Âge et qualité des données

L'évaluation des impacts étant une discipline relativement jeune s'appuyant sur plusieurs domaines scientifiques variés, elle est en évolution constante. Ainsi, les modèles scientifiques faisant figure de références peuvent se succéder relativement rapidement. C'est pourquoi il est important que les méthodes d'ÉICV suivent les avancées scientifiques et se basent sur les dernières découvertes. Ainsi, ce critère évalue si les données utilisées par la méthode d'évaluation des impacts sont récentes ou à jour et si elles sont éprouvées. Ainsi, une méthode d'ÉICV n'ayant pas eu de mise à jour récente sera défavorisée.

4.2.6. Manuel méthodologique

Ce critère regarde s'il existe un manuel (ou minimalement des articles scientifiques) qui explique clairement, et de façon complète, la méthodologie sur laquelle repose chaque catégorie d'impact traitée par la méthode d'ÉICV. Compte tenu de la complexité des modèles utilisés par les méthodes d'ÉICV, il est important d'avoir accès à un tel manuel, surtout pour les non-experts. Ainsi, plus le manuel (dans le cas où il y en a un) est complet, aisément compréhensible et facilement accessible, plus la méthode d'ÉICV sera avantagée.

4.2.7. Communication interne et externe

Tel que mentionné à la section 2.1.1, les catégories d'impact intermédiaires ne sont pas idéales pour la communication interne et externe (Goedkoop *et al.*, 2009). Or, les réponses des experts en ACV aux questionnaires (annexes 3 et 4) ont montré que la communication des résultats d'ACV est un aspect important pour les entreprises. Ce critère favorisera donc les méthodes d'ÉICV qui offrent à la fois des catégories d'impact intermédiaires et de dommages.

4.2.8. Différenciation autre que géographique (milieux récepteurs, vecteurs, etc.)

L'expression « différenciation autre que géographique » réfère aux milieux récepteurs et aux vecteurs. En effet, le devenir d'une substance et son impact potentiel sur l'environnement dépendent en partie du milieu récepteur et des vecteurs (Jolliet *et al.*, 2010; Finnveden *et al.*, 2009). Par exemple, si une substance toxique est émise dans l'océan, son impact ne sera pas le même que si elle avait été émise dans un lac ou une rivière (Jolliet *et al.*, 2010). Il en va de même pour les vecteurs qui transportent les émissions (air, eau, sol), puisque le devenir d'une substance transportée dans l'eau ne sera pas le même que si elle avait été transportée dans l'air ou dans le sol (Finnveden *et al.*, 2009). Ainsi, des recherches mentionnent qu'il est nécessaire de prendre en compte ces différences dans l'évaluation des impacts (Potting and Hauschild, 1997). Ce critère regarde donc si la méthode d'évaluation des impacts offre des différenciations autres que géographiques, telles que l'air urbain, l'air rural, l'eau marine, l'eau douce, une forêt de feuillus, une prairie, etc.

4.3. Grille d'évaluation comparative

Tel que mentionné précédemment, l'objectif de la grille d'évaluation comparative n'est pas d'établir quelle méthode d'ÉICV est la meilleure de façon globale, mais bien de définir quelle(s) méthode(s) d'ÉICV devrait être préférablement utilisée pour chaque catégorie d'impact concernée. C'est pourquoi la grille fait un croisement entre les six méthodes d'évaluation des impacts et les dix catégories d'impact. Une cote, basée sur les informations recueillies au chapitre 3, est attribuée à chaque croisement, en fonction des huit critères d'évaluation retenus. Les méthodes d'ÉICV ayant les scores les plus élevés par catégorie d'impact sont celles à privilégier lorsque la catégorie en question est utilisée. Par exemple, pour la catégorie « toxicité humaine », les méthodes ReCiPe et USEtox sont recommandées pour l'Europe. Enfin, les recommandations intérimaires du JRC ont été

intégrées à la grille d'évaluation à titre comparatif seulement. La figure 4.1 présente la grille d'évaluation comparative.

4.3.1. Cotation

L'attribution des cotes est entièrement basée sur les informations recueillies au chapitre 3. La cotation utilise des valeurs numériques allant de 1 à 3. Une légende personnalisée est associée à chaque critère d'évaluation. Celle-ci se retrouve directement à la gauche du critère d'évaluation dans la grille d'analyse (figure 4.1). La mention « NA » est utilisée lorsque le critère d'évaluation ne s'applique pas. La valeur la plus élevée (3) correspond à la meilleure situation. Seulement trois niveaux de cotation ont été choisis, car les méthodes d'ÉICV se basent souvent sur les mêmes modèles scientifiques (même si leur application n'est pas identique). Ainsi, même avec une cotation à cinq niveaux, il aurait probablement été difficile de faire ressortir les dissemblances de façon significative. Enfin, un code de couleur a été ajouté au système de cotation afin de traduire le niveau de confiance des cotes attribuées (figure 4.1). Ce code de couleur ne vient pas pondérer les cotes, il est seulement indiqué à titre informatif. Le vert correspond à un niveau de certitude élevé, car l'information sur laquelle est basée la cotation est complète et bien comprise. Le jaune indique un niveau de certitude moyen parce que l'information utilisée pour attribuer la cote est partiellement incomplète et/ou plus ou moins bien comprise. Le rouge traduit un niveau de certitude bas, car la cotation repose sur de l'information plutôt incomplète et/ou mal maîtrisée.

Légende pour le niveau de confiance des cotes attribuées		Catégories d'impact	Changement climatique	Déplétion de la couche d'ozone	Formation de smog photochimique	Toxicité humaine	Écotoxicité aquatique	Acidification	Eutrophisation aquatique	Utilisation du territoire	Consommation des ressources naturelles	Consommation des ressources en eau																																																
Niveau de certitude élevé (Information complète et bonne compréhension)	Niveau de certitude moyen (Manque certaines informations et/ou compréhension moyenne)												Niveau de certitude bas (Manque beaucoup d'informations et/ou mauvaise compréhension)																																															
Légende pour la cotation		Critères d'évaluation																																																										
3 : Repose sur des bases scientifiques reconnues internationalement et faisant consensus		Bases scientifiques reconnues par rapport aux connaissances actuelles																																																										
2 : Repose sur des bases scientifiques reconnues internationalement mais avec certaines incertitudes																																																												
1 : Repose sur des bases scientifiques avec incertitudes, mais aussi sur des bases qualitatives																																																												
3 : Nombre de substances prises en compte égal ou supérieur à au moins 3 des autres méthodes		Substances prises en compte																																																										
2 : Nombre de substances prises en compte égal ou supérieur à au moins 2 des autres méthodes																																																												
1 : Nombre de substances prises en compte inférieur à au moins 2 des autres méthodes																																																												
3 : Offre au moins trois niveaux de différenciation spatiale géographique		Différenciation spatiale géographique (pays, régions, etc.)																																																										
2 : Offre deux niveaux de différenciation spatiale géographique																																																												
1 : Offre seulement un niveau spatial géographique																																																												
3 : Existe depuis plusieurs années et est toujours utilisée		Pérennité de la méthode d'évaluation des impacts																																																										
2 : Récente, mais fait consensus																																																												
1 : Récente, mais usage limité																																																												
3 : Très récentes (ou mise à jour) et éprouvées		Âge et qualité des données																																																										
2 : Moyennement récentes (ou mise à jour) et éprouvées																																																												
1 : Anciennes sans mise à jour récente																																																												
3 : Existence d'un manuel unique expliquant la méthodologie, relativement facile à comprendre et gratuit		Manuel méthodologique																																																										
2 : Existence d'un manuel unique expliquant la méthodologie utilisée mais plutôt difficile à comprendre et/ou information peu détaillée																																																												
1 : Il n'existe pas un manuel unique regroupant toutes les explications de la méthodologie utilisée ou le manuel n'est pas accessible gratuitement																																																												
3 : Offre à la fois des catégories d'impacts orientées problème et dommage		Communication interne et externe																																																										
2 : Offre seulement des catégories d'impacts orientées problème																																																												
1 : Offre seulement des catégories d'impacts orientées dommage																																																												
3 : Offre plus de 2 niveaux de différenciation		Différenciation autre que géographique (milieux récepteurs, vecteurs, etc.)																																																										
2 : Offre 2 niveaux de différenciation																																																												
1 : N'offre aucune différenciation ou agrège																																																												
TOTAUX PAR CATÉGORIES D'IMPACT		14	12	15	13	14	15	13	13	11	14	16	15	17	17	17	17	16	18	15	16	18	17	16	18	16	13	18	20	13	17	17	17	16	15	19	18	18	12	0	14	13	14	13	10	15	10	9	0	0	13	0	0	11	15					
Méthodes d'évaluation des impacts		CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	USEtox	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	USEtox	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	CML 2002	EDIP 2003	ReCiPe	LUCAS	TRACI	MEEuP	Swiss Eco.
Catégories d'impact		Changement climatique					Déplétion de la couche d'ozone					Formation de smog photochimique					Toxicité humaine					Écotoxicité aquatique					Acidification					Eutrophisation aquatique					Utilisation du territoire					Consommation des ressources naturelles					Consommation des ressources en eau													
Recommandations du JRC		Modèle du GIEC (sur 100 ans)					Modèle de l'OMM					ReCiPe (LOTOS-EUROS)					USEtox					USEtox										ReCiPe (EUTREND)										EDIP 97 et CML 2002					Swiss Ecoscarcity													

Figure 4.1 Grille d'évaluation comparative des six méthodes d'évaluation des impacts et des dix catégories d'impact.

4.3.2. Résultats de la grille d'évaluation comparative

La grille d'évaluation comparative a permis de déterminer quelles méthodes d'évaluation des impacts il est préférable de sélectionner selon la catégorie d'impact choisie (l'objectif ne consistait pas à obtenir une seule méthode d'ÉICV « gagnante »). En ce qui concerne les méthodes d'évaluation des impacts pour l'Europe (CML 2002, EDIP 2003 et ReCiPe), seules les deux méthodes d'ÉICV (par catégorie d'impact) ayant reçu les plus hauts scores seront retenues. Pour ce qui est des méthodes d'ÉICV pour l'Amérique du Nord, étant donné qu'il n'y a que LUCAS et TRACI, les deux seront retenues. La méthode USEtox, de même que les méthodes d'ÉICV pour la catégorie d'impact « consommation des ressources en eau » s'appliquent à la fois à l'Europe et l'Amérique du Nord. Le tableau 4.3 présente les résultats obtenus.

Tableau 4.3 Résultats de la grille d'évaluation comparative.

Catégorie d'impact	Europe		Amérique du Nord	
	Méthode d'ÉICV	Total	Méthode d'ÉICV	Total
Changement climatique	ReCiPe	15	TRACI	14
	CML 2002	14	LUCAS	13
	EDIP 2003	12		
Déplétion de la couche d'ozone	CML 2002	15	TRACI	14
	ReCiPe	13	LUCAS	11
	EDIP 2003	13		
Formation de smog photochimique	ReCiPe	17	LUCAS	17
	CML 2002	16	TRACI	17
	EDIP 2003	15		
Toxicité humaine	USEtox	18	USEtox	18
	ReCiPe	18	TRACI	16
	CML 2002	17	LUCAS	15
	EDIP 2003	16		
Écotoxicité aquatique	USEtox	18	USEtox	18
	ReCiPe	18	LUCAS	16
	CML 2002	17	TRACI	13
	EDIP 2003	16		
Acidification	CML 2002	20	LUCAS	17
	ReCiPe	17	TRACI	17
	EDIP 2003	13		
Eutrophisation aquatique	ReCiPe	19	LUCAS	18
	CML 2002	16	TRACI	18
	EDIP 2003	15		
Utilisation du territoire	ReCiPe	14	TRACI	14
	CML 2002	12	LUCAS	13
	EDIP 2003	NA		
Consommation des ressources naturelles	ReCiPe	15	LUCAS	10
	CML 2002	13	TRACI	9
	EDIP 2003	10		
Consommation des ressources en eau	Swiss Eco Scarcity	15	Cette catégorie d'impact est utilisée pour l'Europe et l'Amérique du Nord.	
	ReCiPe	13		
	MEEuP	11		
	Autres méthodes :	NA		

4.4. Interprétation des résultats

À la lumière des résultats présentés dans le tableau 4.3, il apparaît que les différences entre les méthodes d'ÉICV sont peu significatives (de façon générale). Pour les méthodes d'ÉICV européennes, EDIP 2003 est presque toujours la dernière. Cela s'explique principalement à cause des critères « nombre de substances prises en compte » et « manuel méthodologique ». En effet, EDIP 2003 couvre généralement moins de substances que les autres méthodes d'ÉICV et le manuel méthodologique n'est pas disponible gratuitement. Il est à noter que ce dernier critère ne remet pas en cause la pertinence scientifique d'EDIP 2003. Cependant, pour une entreprise qui désire comprendre la méthode d'évaluation des impacts, la difficulté d'accès au manuel peut être problématique. Par ailleurs, ReCiPe est avantagée par le critère d'évaluation « communication interne et externe », puisqu'elle est la seule méthode d'ÉICV, parmi celles analysées, qui offre à la fois des catégories d'impact intermédiaires et de dommages. En ce qui concerne les méthodes d'ÉICV d'Amérique du Nord, ni LUCAS, ni TRACI ne se démarquent. Il faut dire que plusieurs catégories d'impact dans LUCAS sont adaptées de TRACI (Toffoletto *et al.*, 2007). Le tableau 4.4 présente les méthodes à privilégier pour chaque catégorie d'impact.

Tableau 4.4 Méthodes d'évaluation des impacts à privilégier selon la catégorie d'impact donnée.

Catégorie d'impact	Europe		Amérique du Nord	
	Premier choix Deuxième choix	ReCiPe (GWP ₁₀₀) CML 2002 (GWP ₁₀₀)	Premier choix Deuxième choix	TRACI (GWP ₁₀₀) LUCAS (GWP ₁₀₀)
Changement climatique				
Déplétion de la couche d'ozone	Premier choix Deuxième choix	CML 2002 (ODP) ReCiPe (ODP)	Premier choix Deuxième choix	TRACI (ODP) LUCAS (ODP)
Formation de smog photochimique	Premier choix Deuxième choix	ReCiPe (POCP) CML 2002 (POCP)	Égalité	LUCAS (-) TRACI (-)
Toxicité humaine	Égalité	USEtox (CTUh) ReCiPe (HTP)	Premier choix Deuxième choix	USEtox (CTUh) TRACI (HTP)
Écotoxicité aquatique	Égalité	USEtox (CTUe) ReCiPe (FETP; METP)	Premier choix Deuxième choix	USEtox (CTUe) LUCAS (-)
Acidification	Premier choix Deuxième choix	CML 2002 (AP) ReCiPe (TAP)	Égalité	LUCAS (-) TRACI (-)
Eutrophisation aquatique	Premier choix Deuxième choix	ReCiPe (FEP; MEP) CML 2002 (EP)	Égalité	LUCAS (-) TRACI (EP)
Utilisation du territoire	Premier choix Deuxième choix	ReCiPe (ALOP; ULOP; NLTP) CML 2002 (-)	Premier choix Deuxième choix	TRACI (<i>Land Use Index</i>) LUCAS (biodiversité; LSF)

Catégorie d'impact	Europe		Amérique du Nord	
Consommation des ressources naturelles	Premier choix Deuxième choix	ReCiPe (MDP; FDP) CML 2002 (ADP)	Premier choix Deuxième choix	LUCAS (-) TRACI (<i>Fossil Fuel Index</i>)
Consommation des ressources en eau	Premier choix Deuxième choix	Swiss Eco Scarcity (distance to target) ReCiPe (WDP)	Ces deux choix sont utilisés pour l'Europe et l'Amérique du Nord.	

En somme, les résultats obtenus serviront d'intrant pour la conception de l'outil d'aide aux entreprises du secteur textile (chapitre 6). Il est donc souhaitable d'avoir plus d'un choix de méthode d'ÉICV par catégorie d'impact (et non une seule méthode « gagnante »). Cela conférera plus de souplesse à l'outil, afin de trouver la meilleure combinaison pour un jeu de catégories d'impact adapté au contexte particulier de chaque entreprise et de chaque étude d'ACV. Enfin, il importe de mentionner que cette approche favorise un bouquet de catégories d'impact provenant de plusieurs méthodes d'ÉICV différentes. Cela permet d'utiliser les meilleurs modèles scientifiques actuels pour chaque catégorie d'impact. Toutefois, cette approche augmente le niveau d'incertitudes, puisque plusieurs méthodes d'ÉICV ayant des méthodologies différentes sont utilisées. Un compromis doit donc être fait entre les modèles les plus avancés actuellement (la variété de méthodes d'ÉICV) et le niveau d'incertitude (limiter la variété des méthodes d'ÉICV).

5. CONTEXTE PROPRE AUX ENTREPRISES DU SECTEUR TEXTILE

Le chapitre 5 comporte deux objectifs : dresser un bref portrait de la fabrication du textile et fournir des données pour la conception de l'outil d'aide aux entreprises du secteur textile (chapitre 6). Afin d'atteindre le premier objectif, une description des principales étapes de fabrication du textile sera faite, de même que l'identification des étapes ayant le plus d'impacts sur l'environnement. En ce qui concerne le deuxième objectif, les données recueillies proviendront d'études d'ACV, d'articles scientifiques et de la législation touchant au domaine du textile. Ce tour d'horizon du secteur textile permettra d'assurer la justesse et la pertinence de l'outil développé au chapitre 6. Enfin, une source importante d'information pour l'accomplissement de ce chapitre est le BREF textile de la Commission européenne. Il s'agit d'un document de référence, produit par le *European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau* (EIPPCB), sur les meilleures techniques disponibles pour l'industrie du textile. Ce document est le fruit d'un échange d'information entre les États membres de l'Union européenne, en réponse à la Directive 96/61/CE (prévention et réduction intégrées de la pollution) (Commission européenne, 2003). Le BREF textile contient donc une quantité appréciable d'information sur l'industrie du textile et constitue un outil de référence important dans ce domaine.

5.1. Portrait de l'industrie du textile

La section 5.1 dresse un bref portrait du secteur du textile. L'objectif n'est pas de faire une étude approfondie, mais bien de fournir quelques points de repère, toujours dans l'optique de l'ACV. Plus particulièrement, il est nécessaire d'identifier les étapes de fabrication ayant le plus d'impact sur l'environnement, afin que l'outil d'aide aux entreprises (chapitre 6) inclue des catégories d'impact couvrant ces problématiques environnementales.

Selon la Commission européenne (2003), l'industrie du textile est caractérisée par une chaîne de production longue et complexe, de même qu'une organisation fragmentée et hétérogène dominée par les petites et moyennes entreprises. En ce sens, cette industrie assiste à la délocalisation de la production vers les pays dits émergents ou en développement (Steinberger *et al.*, 2009). D'autre part, même si le coton demeure le textile le plus produit dans le monde, la production de fibres synthétiques gagne progressivement du terrain (Hegde *et al.*, 2004; Eberle *et al.*, 1999). Ces caractéristiques

compliquent la réalisation d'ACV, que ce soit pour la collecte de données ou la représentativité spatiale de l'évaluation des impacts environnementaux.

5.1.1. Types et classes de fibres

Tout d'abord, l'industrie textile se divise en deux grandes familles de fibres : les fibres d'origine naturelle et les fibres chimiques. La figure 5.1 présente les principaux textiles pour chaque type de fibre.

Types de fibres textiles	
▼	▼
Fibres naturelles	Fibres chimiques
Origine végétale	Polymères naturels (fibres artificielles)
Graine	Cellulosique
Coton, kapok, coco	Viscose, lyocell, modal, cupro, acétate, triacétate
Tige	Alginate
Lin, chanvre, jute, ramie	Alginate
Feuille	Caoutchouc
Sisal, abaca	Caoutchouc
Origine animale	Polymères synthétiques (fibres synthétiques)
Laine	Élastomère
Laine	Élasthanne (spandex), élastodiène
Poil noble	Fluorocarbone
Alpaga, lama, vigogne, guanaco, chameau, lapin, angora, mohair, cachemire, yak	Polytétrafluoréthylène
Poil rustique	Polyacrylique
Bovidés, cheval, chèvre	Acrylique, modacrylique
Soie	Polyamide
Cultivée, sauvage	Nylon, aramide
	Chlorofibre
	Chlorure de vinyle, chlorure de vinylidène
	Polyoléfine
	Polyéthylène, polypropylène
	Polyester
	Polyester
	Vinyle
	Alcool vinylique
Origine minérale	Origine inorganique
Roche	Verre
Amiante	Fibre de verre
	Carbonique
	Fibre de carbone
	Métallique
	Métallique

Figure 5.1 Principaux textiles selon le type de fibre (modifiée de Eberle *et al.*, 1999, p. 8).

Les fibres naturelles proviennent de sources végétale, animale ou minérale (Eberle *et al.*, 1999). La laine constitue la fibre d'origine animale la plus répandue, tandis que le coton est la fibre naturelle la plus produite dans le monde (Hegde *et al.*, 2004; Eberle *et al.*, 1999). La production de la laine implique l'utilisation de terres pour l'élevage des moutons, l'usage de pesticides (antiparasitaire) et de produits chimiques (solvants et acide

sulfurique) pour le désuintage de la laine (Commission européenne, 2003). La production conventionnelle du coton (non biologique) suppose également l'utilisation du territoire pour sa culture. De plus, l'usage de nombreux produits chimiques tels que des pesticides, des herbicides, des défoliants et des fertilisants en font une des cultures les plus polluantes (Commission européenne, 2007; Commission européenne, 2003).

Les fibres chimiques se divisent en trois sous-groupes, soit les polymères naturels (fibres artificielles), les polymères synthétiques et les fibres inorganiques (Eberle *et al.*, 1999). Les fibres synthétiques sont fabriquées à partir de produits le plus souvent dérivés du pétrole. Le polyester et le polyamide sont des exemples de fibres synthétiques courantes, le polyester étant la fibre synthétique la plus couramment utilisée (*Ibid.*, 1999). La production de fibres textiles synthétiques comprend l'exploitation de ressources fossiles non renouvelables et l'usage de divers produits chimiques pour sa transformation (Commission européenne, 2003). Les fibres artificielles, pour leur part, sont produites à partir de matières naturelles végétales transformées à l'aide de produits chimiques (Eberle *et al.*, 1999). Par exemple, la viscose provient de la cellulose, qui est principalement extraite du bois de conifères. La cellulose est traitée chimiquement pour donner une pâte de fibres, appelée viscose, qui peut ensuite être filée. Cette transformation utilise notamment de la soude, de l'acide sulfurique, du sulfate de sodium et du sulfate de zinc (Commission européenne, 2003).

Par ailleurs, les textiles sont généralement divisés en deux classes, soit les textiles traditionnels et les textiles techniques. Les textiles traditionnels sont surtout destinés au domaine de la mode (vêtement et accessoires) et de l'ameublement (draps, rideaux, nappes, serviettes, tapisseries, etc.). Les textiles techniques offrent des propriétés mécaniques, chimiques ou physico-chimiques spécifiques. Ces textiles ont souvent des applications techniques (géotextile, textile médical, ailes d'avions, vestes de pompier, etc.) (Garaud et Sautreuil, 2000).

5.1.2. Étapes de fabrication du textile

La fabrication du textile comporte plusieurs étapes. Selon le type de fibre produit, certaines étapes sont similaires, alors que d'autres diffèrent. La figure 5.2 présente les principales étapes de fabrication du textile, tous types de fibre confondus. La séquence des étapes peut varier, particulièrement pour les différentes opérations d'ennoblissement,

qui peuvent changer d'ordre selon la fonction finale du textile. Un schéma plus détaillé illustrant la fabrication des fibres naturelles et chimiques, mis en parallèle aux différentes étapes du cycle de vie, se trouve à l'annexe 5. En ce qui concerne les étapes du cycle de vie du textile, plusieurs recherches démontrent que les étapes de production et d'utilisation ont généralement les impacts environnementaux les plus importants (Steinberger *et al.*, 2009).

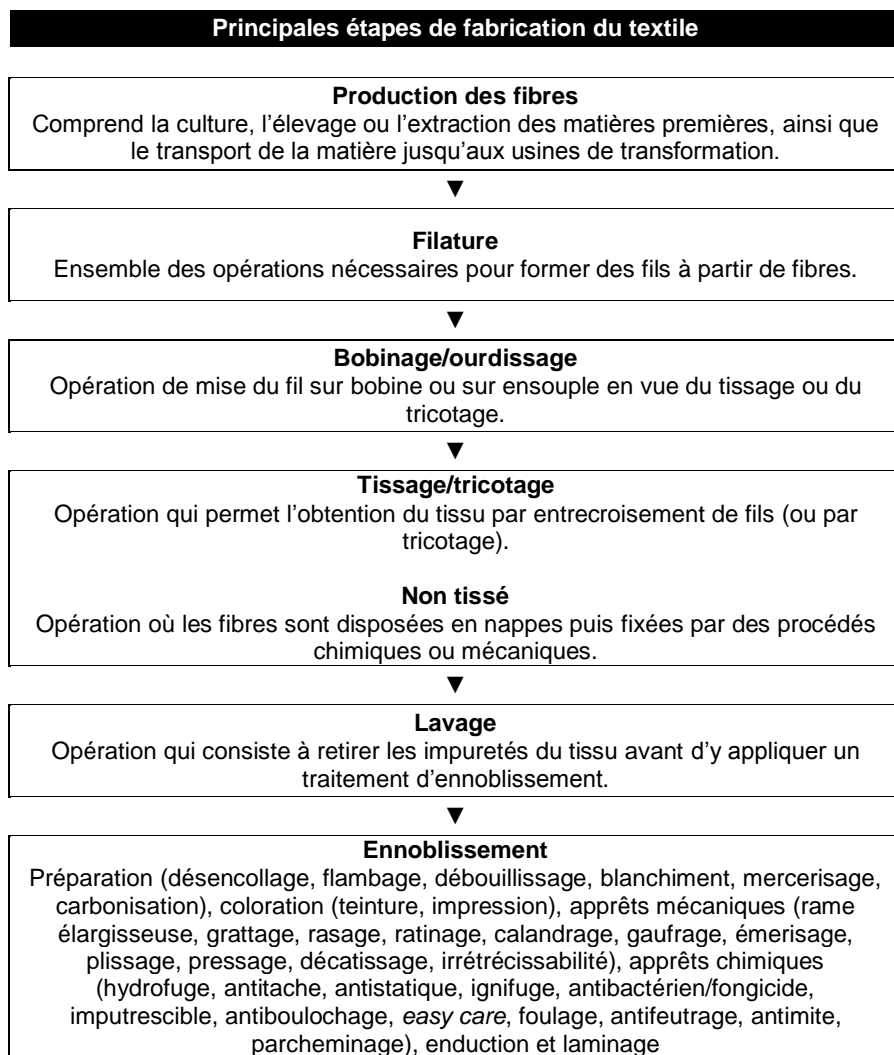


Figure 5.2 Principales étapes de fabrication du textile, tous types de fibres confondus (inspirée de Commission européenne, 2003, p. 15; Eberle *et al.*, 1999, pp. 87 à 97).

5.1.3. Principaux impacts environnementaux relatifs au secteur du textile

Plusieurs impacts environnementaux liés aux étapes du cycle de vie du textile ont été relevés dans la littérature scientifique et les études d'ACV portant sur ce secteur. La

pollution de l'eau, l'utilisation de l'eau, la consommation d'énergie et l'utilisation de matières premières non renouvelables sont parmi les impacts qui sont le plus souvent mentionnés dans la littérature (Steinberger *et al.*, 2009; Van der Werf and Turunen, 2007; Dahllöf, 2004a; Commission européenne, 2003). D'autres impacts environnementaux associés à la production de textile sont moins fréquemment cités par les recherches. À titre d'exemple, l'utilisation du territoire, les émissions atmosphériques, les déchets solides, les odeurs, les impacts sur la santé des travailleurs et l'utilisation de coton OGM (Steinberger *et al.*, 2009; Dahllöf, 2004a; Commission européenne, 2003). Les impacts jugés comme étant les plus importants sont brièvement détaillés ci-dessous et ils devront impérativement être couverts par l'outil d'aide aux entreprises.

La pollution de l'eau est due principalement aux étapes de lavage et d'ennoblissement (Commission européenne, 2003). L'étape de lavage, en vue de préparer le textile pour les opérations d'ennoblissement, produit des eaux usées qui contiennent une partie des substances présentes dans le textile « brut » (huiles de filature, produits d'encollage, produits de préparation, etc.) (*Ibid.*, 2003). Les impacts de l'ennoblissement varient selon l'opération accomplie. Les effluents de teinture du textile sont particulièrement problématiques parce qu'ils contiennent de la couleur, divers produits chimiques cancérigènes et mutagènes et beaucoup de sel (Türgay *et al.*, 2011; Verma *et al.*, 2009; Diwaniyan *et al.*, 2009; Corso and Maganha de Almeida, 2008). Si les entreprises dans les pays industrialisés peuvent supporter les coûts d'un système de traitement des eaux usées, ce n'est pas le cas dans les pays en développement (PED) comme l'Inde ou la Chine (Steinberger *et al.*, 2009; Verma *et al.*, 2009). Aussi, l'étape d'utilisation du textile, lorsqu'il s'agit de vêtements ou de produits pour la maison, comme de la literie, contribue à l'eutrophisation de l'eau par le rejet de détergents à lessive (Steinberger *et al.*, 2009). Par ailleurs, la culture du coton requiert d'importantes quantités de fertilisants et de pesticides, qui lixivient et contaminent la nappe phréatique (Steinberger *et al.*, 2009; Dahllöf, 2004a). L'élevage des moutons pour la laine utilise aussi beaucoup de pesticides et de produits chimiques pour désinfecter la laine. Tout comme pour la culture du coton, ces produits contaminent l'eau (Dahllöf, 2004a; Commission européenne, 2003). L'utilisation de l'eau est attribuable aux procédés industriels et à la culture du coton. Tel que mentionné, les différentes étapes de production du textile nécessitent une consommation d'eau importante (lavage, blanchiment, teinture, etc.). Aussi, l'utilisation de l'eau pour la culture du coton constitue une problématique environnementale importante

liée à l'industrie du textile. En effet, cette culture exige de grandes quantités d'eau et elle se fait souvent dans des régions arides (Commission européenne, 2007). Étant donné que le coton représente encore environ la moitié du textile produit mondialement, cet impact ne peut être négligé. L'exemple de la disparition de la mer d'Aral en Asie Centrale démontre bien l'impact environnemental qui peut résulter de l'irrigation pour la culture du coton (Steinberger *et al.*, 2009). Enfin, l'usage intensif de l'eau pour l'irrigation peut aussi contribuer à la salinisation des sols (Dahllöf, 2004a).

La consommation d'énergie constitue un autre impact environnemental associé à l'industrie du textile. La Commission européenne (2003) attribue principalement la consommation d'énergie au chauffage de l'eau et à la production de vapeur, activités nécessaires aux différents procédés de fabrication (lavage, teinture, etc.). Van der Werf and Turunen (2007), pour leur part, avancent que la production de la fibre et du fil sont les étapes les plus énergivores. D'autres études mentionnent que l'étape d'utilisation est celle qui a le plus d'impacts, à cause de la consommation électrique associée aux machines à laver et aux sècheuses (eau chaude, machines qui ne sont pas *Energy Star*[®]) (Laursen *et al.*, 2007).

L'utilisation de matières premières non renouvelables est majoritairement imputable aux fibres synthétiques, puisque leur production requiert des ressources fossiles. Ainsi, selon Van der Werf and Turunen (2007), la production de fibres synthétiques contribue à la déplétion des ressources fossiles. De plus, avec l'augmentation de la production de fibres synthétiques à l'échelle mondiale, il semble logique que la contribution de ce type de fibres à la déplétion des ressources fossiles ira également en croissant (Steinberger *et al.*, 2009; Dahllöf, 2004a).

L'utilisation du territoire est liée à la production de fibres naturelles. En effet, la culture de plantes (coton, chanvre, lin, etc.) et l'élevage d'animaux (moutons, chèvres, etc.) nécessitent de grandes surfaces de terre, qui sont temporairement non disponibles pour remplir d'autres fonctions (culture pour l'alimentation par exemple). Cette réalité est considérée comme une perte du territoire en tant que ressource (Van der Werf and Turunen, 2007).

5.2. L'analyse du cycle de vie et le secteur du textile

La sous-section 5.2 résume la revue de littérature portant sur l'analyse du cycle de vie appliquée au secteur du textile. L'objectif consistait à identifier les caractéristiques et limites de l'ACV par rapport aux particularités du secteur textile, tout en inventoriant les choix faits par les experts lors de cette phase de l'ACV (méthodes d'évaluation des impacts et catégories d'impact). Pour ce faire, sept documents (rapports d'ACV, articles, thèses) ont été analysés en focalisant principalement sur la phase d'ACVI. Les données recueillies serviront d'intrant à l'outil d'aide aux entreprises développé au chapitre 6.

D'après les ouvrages consultés, plusieurs problématiques existent par rapport à la réalisation d'ACV pour le textile, et ce, pour chacune des phases de l'ACV (définition des objectifs et du champ de l'étude, inventaire du cycle de vie, évaluation de l'impact du cycle de vie et interprétation du cycle de vie). Par ailleurs, les limites de la méthodologie d'ACV, sans égard au secteur du textile, sont abordées aux chapitres 2 et 3.

5.2.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

Selon plusieurs études d'ACV, il semble que la définition de la durée de vie du produit dans l'unité fonctionnelle soit critique par rapport aux impacts du cycle de vie des textiles (Laursen *et al.*, 2007; ADEME, 2006; Dahllöf, 2003; Ren, 2000). Cela est surtout vrai pour les textiles dont l'étape d'utilisation implique de l'entretien (vêtements, draps, nappes, tapis, etc.) ou dont la durée de vie peut être écourtée à cause du « facteur mode » (*Ibid.*, 2007; *Ibid.*, 2006; *Ibid.*, 2003; *Ibid.*, 2000). En effet, la durée de vie du produit influence l'impact qu'aura l'étape d'utilisation, puisqu'elle influence le nombre de fois que seront lavés et séchés les produits textiles (consommation d'eau, rejet d'eaux usées, consommation d'électricité). Donc, si l'unité fonctionnelle définit une durée de vie trop courte, l'impact de la phase d'utilisation pourrait être sous-estimé, alors qu'il pourrait être surestimé dans le cas d'une durée de vie trop longue.

5.2.2. Inventaire du cycle de vie

En ce qui concerne l'inventaire du cycle de vie (ICV), de nombreux auteurs mentionnent que les données sur la culture du coton (irrigation, utilisation du territoire, lixiviation des produits chimiques, usage de fertilisants et de pesticides) sont souvent manquantes et qu'elles varient beaucoup selon l'endroit où ce dernier est cultivé (États-Unis, Afrique, Asie) (Dahllöf, 2003). Cette réalité serait rarement considérée lors de la réalisation d'une

ACV et la précision des résultats s'en trouverait affectée. En revanche, selon Laursen *et al.* (2007), les données concernant l'extraction du pétrole pour la production de fibres synthétiques seraient relativement bien documentées. Par ailleurs, la qualité des données recueillies lors de la phase d'ICV est primordiale afin de pouvoir utiliser les méthodes d'ÉICV à leur plein potentiel.

5.2.3. Évaluation de l'impact du cycle de vie

Comme soulevé à la section 5.1.3, certains impacts environnementaux associés au secteur du textile sont particulièrement problématiques (pollution de l'eau, utilisation de l'eau, consommation d'énergie, utilisation de matières premières non renouvelables, utilisation du territoire, etc.). Par conséquent, il semble primordial que la sélection des catégories d'impact couvre bien ces domaines lors de la phase d'ACVI. La revue de littérature a permis de valider si ces impacts étaient généralement traités lors d'ACV. Ainsi, les catégories d'impact identifiées dans les sept documents consultés sont dans l'ensemble assez similaires. (Steinberger *et al.*, 2009; Bowyer *et al.*, 2009; Laursen *et al.*, 2007; ADEME, 2006; Dahllöf, 2004b; Potting and Blok, 1995; Kalliala, s.d.). Pour ce qui est des méthodes d'évaluation des impacts utilisés dans les études présentées dans ces sept mêmes documents, elles ne sont pas toujours identifiées. Les catégories d'impact et les méthodes d'évaluation des impacts répertoriées dans la revue de littérature sont exposées dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1 Catégories d'impact et méthodes d'évaluation des impacts relevées dans les études d'ACV textile et la littérature.

Catégories d'impact	Méthodes d'évaluation des impacts
<ul style="list-style-type: none"> • Pollution atmosphérique (en général et CO₂, SO₂, NO_x, matières particulaires) (4 fois) • Consommation d'eau (3 fois) • Changement climatique (6 fois) • Consommation de ressources naturelles (4 fois) • Toxicité humaine (5 fois) • Écotoxicité (aquatique) (5 fois) • Déchets (incluant déchets dangereux) (5 fois) • Déplétion de la couche d'ozone (3 fois) • Eutrophisation (5 fois) • Acidification (4 fois) • Création d'ozone troposphérique (2 fois) • Utilisation du territoire (2 fois) • Consommation d'énergie (6 fois) 	<ul style="list-style-type: none"> • BEEs • CML • Eco-indicator 99 • EDIP • EPS 2000

De façon générale, le choix des méthodes d'évaluation des impacts n'a pas fait l'objet de justification dans les études. Par ailleurs, indépendamment de la méthode choisie,

certaines catégories d'impact reviennent plus systématiquement que d'autres : les indicateurs relevant de la consommation d'eau et d'énergie.

5.2.4. Limites méthodologiques de l'ACVI et secteur du textile

Certaines particularités associées au secteur du textile peuvent être difficiles à couvrir adéquatement avec les limites actuelles des méthodologies disponibles pour réaliser la phase d'ACV. Les principales problématiques soulevées dans la littérature sont :

- 1) La difficulté à évaluer l'impact de l'utilisation du territoire pour la culture du coton et l'élevage des moutons
- 2) La difficulté à évaluer l'impact de l'utilisation de l'eau pour la culture du coton
- 3) La difficulté à évaluer l'impact des divers produits chimiques
- 4) La quasi-absence de moyens d'évaluer les impacts potentiels sur la santé des travailleurs

L'utilisation du territoire est une catégorie d'impact qui demande encore à être développée, indépendamment du secteur d'activité (Guinée *et al.*, 2002). L'évaluation de l'impact de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation du coton provient principalement de la disponibilité des données. En effet, les données sur l'irrigation sont difficiles à trouver et le coton est souvent mélangé pour obtenir une composition homogène, ce qui complique la collecte d'informations (Dahllöf, 2004a). L'évaluation de l'impact potentiel de certains produits chimiques, tels que les métaux lourds, est limitée par les connaissances scientifiques, malgré les avancées des dernières années (USEtox). Il en est de même pour la modélisation du phénomène de lixiviation des fertilisants et pesticides pour la culture du coton (*Ibid.*, 2004a). De plus, les quantités et les formulations exactes des produits chimiques utilisés par l'industrie du textile sont rarement disponibles au public, ce qui complexifie l'évaluation (Steinberger *et al.*, 2009). Enfin, la plupart des méthodes d'évaluation des impacts n'offrent pas de catégories d'impact qui couvrent les impacts sur la santé des travailleurs (Steinberger *et al.*, 2009; Dahllöf, 2004a).

5.3. Législation et écolabels applicables au secteur du textile

L'outil d'aide (chapitre 6) ne pourrait être complet sans prendre en compte les lois, règlements et politiques en environnement que doit respecter l'industrie du textile. Aussi, un recensement des exigences des différents écolabels propres au secteur du textile

permettra également d'assurer que l'outil d'aide identifie bien les préoccupations environnementales actuelles sur lesquelles devront agir les entreprises textiles.

5.3.1. Législation







Une brève revue de la législation nord-américaine et européenne a permis d'identifier les secteurs de l'environnement qui font actuellement l'objet de lois, de règlements ou de politiques ou qui peuvent toucher l'industrie du textile : la réduction des émissions de GES (Protocole de Kyoto), la déplétion de la couche d'ozone (Protocole de Montréal), la qualité de l'air (smog, COV, matières particulaires, etc.), la qualité et la consommation de l'eau, les produits toxiques (REACH, Liste intérieure et extérieure au Canada, etc.), la consommation d'énergie (efficacité énergétique) et la consommation des matières premières (développement durable). Il est à noter qu'il ne s'agissait pas de dresser une liste exhaustive de tous les lois et règlements qui s'appliquent au secteur du textile, mais bien d'aider les entreprises à choisir une méthode d'ÉICV/catégories d'impact qui couvre(nt) les impacts sur les domaines de l'environnement touchés par la législation.


5.3.2. Écolabels

La série de norme internationale ISO 14020 définit trois catégories d'étiquettes et de déclarations environnementales (écolabels) : l'étiquetage environnemental de type I (ISO 14024), l'étiquetage de type II (autodéclarations environnementales) (ISO 14021) et les déclarations environnementales de Type III (ISO 14025) (ISO, 2000). Les labels environnementaux de type I sont accordés à des produits qui répondent à de multiples critères prédéterminés, ils sont volontaires et ils engagent une tierce partie publique ou privée. La tierce partie attribue une licence qui autorise l'utilisation du label indiquant qu'un produit particulier est préférable pour l'environnement, selon une analyse de cycle de vie (ISO, 1999b). L'étiquetage de type II est une autodéclaration environnementale et elle n'est pas vérifiée par une tierce partie indépendante. Elles doivent donc être précises et facilement vérifiables afin d'éviter de mauvaises interprétations (ISO, 1999a). Les déclarations environnementales de type III, selon la norme ISO 14025, « présentent des informations environnementales quantifiées sur le cycle de vie d'un produit afin de permettre des comparaisons de produits remplissant la même fonction. » (ISO, 2006c). Lorsque la déclaration est destinée au public, elle doit être vérifiée par une tierce partie indépendante (*Ibid.*, 2006c).

Plusieurs organismes indépendants offrent des écolabels pour les produits textiles. La plupart de ces certifications s'apparentent aux labels environnementaux de type I. Le tableau 5.2 présente quelques écolabels pour les textiles, ainsi que les principaux domaines de l'environnement couverts.

Tableau 5.2 Exemples d'écolabels pour les produits textiles.

Organisme	Écolabel	Résumé des critères environnementaux
Bluesign®¹		<ul style="list-style-type: none"> • Consommation des ressources (incluant l'eau et l'énergie) • Émissions atmosphériques (incluant le bruit) • Déchets solides • Eaux usées • Sécurité du consommateur (substances toxiques) • Santé et sécurité des travailleurs
Der Blaue Engel RAL-UZ 154 Textiles ²		<p>Les critères spécifiques à cet écolabel (RAL-UZ 154 Textiles) ne sont pas disponibles pour l'instant.</p> <p>Les critères généraux de Der Blaue Engel sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la santé et la sécurité et les conditions sociales des travailleurs • Éviter les substances toxiques dans les produits
EU Ecolabel³		<ul style="list-style-type: none"> • Types de fibres • Substances toxiques (toxicité humaine et écotoxicité) • Émissions atmosphériques • Eaux usées • Écotoxicité aquatique
Global Organic Textile Standard⁴		<ul style="list-style-type: none"> • Contenu en coton organique • Substances toxiques (toxicité humaine et écotoxicité) • OGM • Politique environnementale des opérateurs : • Minimiser les déchets • Minimiser les émissions • Santé et sécurité et conditions sociales des travailleurs
Nordic Ecolabel⁵		<ul style="list-style-type: none"> • Consommation d'énergie • Consommation d'eau • Recyclage (déchets) • Émissions atmosphériques • Eaux usées • Substances toxiques (toxicité humaine et écotoxicité) • Éthique envers les employés • Santé et sécurité des travailleurs
Oeko-Tex® 100⁶		<ul style="list-style-type: none"> • Couvre seulement les substances toxiques (toxicité humaine et écotoxicité)

Organisme	Écolabel	Résumé des critères environnementaux
Oeko-Tex® 1000 ⁷		<ul style="list-style-type: none"> • Substances toxiques (toxicité humaine et écotoxicité) • Consommation d'eau • Eaux usées • Air d'échappement (émissions atmosphériques) • Nuisances sonores • Consommation d'énergie • Santé et sécurité et conditions sociales des travailleurs

1. Informations tirées de Bluesign®, 2010.
2. Informations tirées de Der Blaue Engel, 2010.
3. Informations tirées de European Commission, 2009.
4. Informations tirées de International Working Group on Global Organic Textile Standard, 2011.
5. Informations tirées de Nordic Ecolabelling, 2010.
6. Informations tirées de Oeko-Tex®, 2011a.
7. Informations tirées de Oeko-Tex®, 2011b.

6. OUTIL D'AIDE À LA SÉLECTION D'UN JEU DE CATÉGORIES D'IMPACT POUR LES ENTREPRISES DU SECTEUR TEXTILE

Le chapitre 6 présente l'outil d'aide à la décision destiné aux entreprises du secteur textile, de même que la démarche méthodologique utilisée pour le développer. L'outil permettra de guider les entreprises qui désirent réaliser une ACV et qui doivent choisir des catégories d'impact dans le cadre de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie.

Par ailleurs, il semble important à ce point de rappeler brièvement le contexte et la raison d'être de l'outil d'aide. Ce dernier s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche collaboratif français entre l'entreprise textile TF Création, l'IFTH et le CREIDD de l'Université de Technologie de Troyes : le projet T-Soft. L'objectif de ce projet de recherche est de concevoir un outil et une méthode simplifiée d'analyse du cycle de vie facilitant les choix d'écoconception dans le secteur textile. Le résultat prendra la forme d'un logiciel d'écoconception (TEKSAJO). Ainsi, l'outil présenté dans ce chapitre sera utilisé pour définir les spécifications techniques du logiciel d'écoconception TEKSAJO, dont les catégories d'impact à intégrer. Enfin, bien que l'outil d'aide n'intègre pas autant de données que le logiciel TEKSAJO, il est parfaitement fonctionnel et il peut déjà être utilisé par les entreprises œuvrant dans le secteur textile.

6.1. Outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact

À titre de rappel, la norme ISO 14044 divise l'ACV en quatre phases : (1) la définition des objectifs et du champ de l'étude, (2) l'inventaire du cycle de vie, (3) l'évaluation de l'impact du cycle de vie et (4) l'interprétation du cycle de vie (ISO, 2006b). L'outil d'aide s'applique à la troisième phase. Cette phase consiste à traduire tous les intrants et extrants associés au cycle de vie du produit étudié en impacts environnementaux potentiels. Pour ce faire, il faut recourir à des méthodes d'évaluation des impacts (CML, ReCiPe, TRACI, etc.), lesquelles contiennent des jeux de catégories d'impact (changement climatique, toxicité humaine, eutrophisation aquatique, etc.). La similitude entre les différentes méthodes d'ÉICV et l'hyperspécialisation des modèles scientifiques sous-jacents aux catégories d'impact peuvent rendre le choix d'une méthode d'ÉICV et d'un jeu de catégories d'impact difficile pour un non-expert. Ainsi, l'objectif du présent outil d'aide est de guider les entreprises du secteur textile à sélectionner un jeu de catégorie d'impact adapté à leurs contextes lors d'une ACV. L'outil d'aide proposé prend la forme d'un tableur Excel®.

6.1.1. Structure de l'outil d'aide

La conception de l'outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact pour les entreprises du secteur textile repose entièrement sur l'information colligée dans les chapitres précédents. Comme illustré à la figure 6.1, l'outil se divise en quatre composantes : (1) les méthodes d'ÉICV privilégiées, (2) le questionnaire, (3) la grille de réponse, et (4) les résultats (voir aussi figure 6.6).

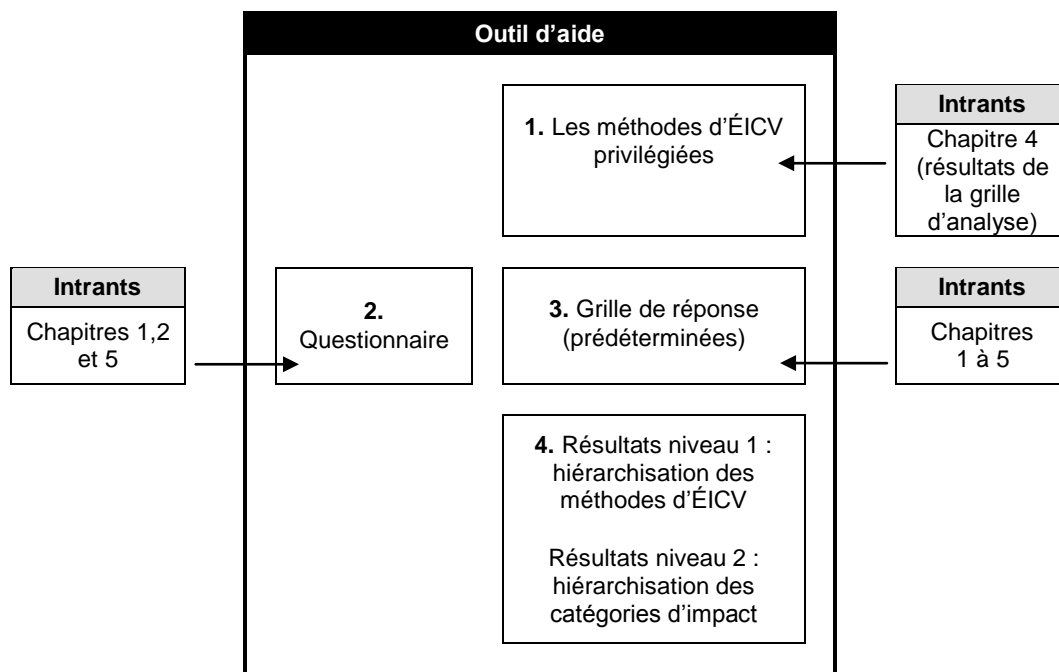


Figure 6.1 Structure schématisée de l'outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact pour les entreprises du secteur textile.

La première composante de l'outil d'aide reprend les résultats obtenus avec la grille d'évaluation comparative présentée au chapitre 4 (tableau 4.4). Les deux méthodes d'ÉICV à privilégier (deux pour l'Europe et deux pour l'Amérique du Nord) selon la catégorie d'impact donnée se retrouvent sur l'axe horizontal supérieur de l'outil (figure 6.2).

Catégories d'impact	Changement climatique		Dépilation de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique
	ReCPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCPe (ODP)	ReCPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUh)	ReCPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCPe (FEP, METP)	CML 2002 (AP)	ReCPe (TAP)	ReCPe (FEP, MEP)
Méthodes d'évaluation des impacts favorisées													
Q1A - Quelle est l'application envisagée des résultats de l'ACV (raison conduisant à réaliser l'ACV)?													
RIA1 - Comparer des scénarios/produits/secteurs (interne et/ou externe)													
RIA2 - Affirmation comparative divulguée au public													
RIA3 - Recueil de l'information sur un produit existant (points forts/faibles, benchmark, etc.)	OUI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIA4 - Planification stratégique													
RIA5 - Développement de produits													
RIA6 - Écoconception (réduire les impacts environnementaux d'un produit)	OUI	1		1	1		1		1		1	1	
RIA7 - Choix technologique													
RIA8 - Déclaration environnementale de produit (écolabel, certification)													
RIA9 - Se conformer à la législation et/ou autres exigences													
RIA10 - Surveillance (monitoring) des impacts d'un produit/sectorisation													
RIA11 - Développement de législations/politiques environnementales													
Q2A - À qui seront communiqués les résultats de l'ACV (public visé)?													
Q2A1 - Public (consommateurs, collectivités, etc.)													
Q2A2 - Producteur (à l'adresse, sous-traitant, B2B, cabinet de conseil, etc.)	OUI	1		1	1		1		1		1	1	1

Figure 6.2 Première composante de l'outil d'aide - méthodes d'ÉICV à privilégier.

La deuxième composante de l'outil d'aide est le questionnaire : il se trouve sur l'axe vertical gauche (figure 6.3). Il s'agit d'une liste de sept questions avec des choix de réponses. Les répondants doivent choisir la ou les réponse(s) correspondant à leur situation en sélectionnant « OUI » dans le menu déroulant (afin de rendre l'usage de l'outil plus rapide, seule la réponse « OUI » est disponible). La réponse « oui » à une question fera apparaître automatiquement des « 1 » dans la grille de réponse, dans les cellules correspondant aux méthodes d'ÉICV (figure 6.4). Les colonnes obtenant les plus hauts pointages détermineront les méthodes d'ÉICV et les catégories d'impact à retenir pour le contexte particulier de l'entreprise.

Catégories d'impact	Changement climatique		Dépilation de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique
	ReCPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCPe (ODP)	ReCPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUh)	ReCPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCPe (FEP, METP)	CML 2002 (AP)	ReCPe (TAP)	ReCPe (FEP, MEP)
Méthodes d'évaluation des impacts favorisées													
Q1A - Quelle est l'application envisagée des résultats de l'ACV (raison conduisant à réaliser l'ACV)?													
RIA1 - Comparer des scénarios/produits/secteurs (interne et/ou externe)													
RIA2 - Affirmation comparative divulguée au public													
RIA3 - Recueil de l'information sur un produit existant (points forts/faibles, benchmark, etc.)	OUI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIA4 - Planification stratégique													
RIA5 - Développement de produits													
RIA6 - Écoconception (réduire les impacts environnementaux d'un produit)	OUI	1		1	1		1		1		1	1	
RIA7 - Choix technologique													
RIA8 - Déclaration environnementale de produit (écolabel, certification)													
RIA9 - Se conformer à la législation et/ou autres exigences													
RIA10 - Surveillance (monitoring) des impacts d'un produit/sectorisation													
RIA11 - Développement de législations/politiques environnementales													
Q2A - À qui seront communiqués les résultats de l'ACV (public visé)?													
Q2A1 - Public (consommateurs, collectivités, etc.)													
Q2A2 - Producteur (à l'adresse, sous-traitant, B2B, cabinet de conseil, etc.)	OUI	1		1	1		1		1		1	1	1

Figure 6.3 Deuxième composante de l'outil d'aide - questionnaire.

Catégories d'impact	Changement climatique		Dépîtion de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique	
	ReCiPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCiPe (ODP)	ReCiPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUh)	ReCiPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCiPe (FETP; METP)	CML 2002 (AP)	ReCiPe (TAP)	ReCiPe (FEP; MEP)	Ch
Méthodes d'évaluation des impacts favorisées														
Q1A - Quelle est l'application envisagée des résultats de l'ACV (raison conduite) ?														
R1A1 - Comparer des scénarios/produits/secteurs (interne et/ou externe)														
R1A2 - Affirmation comparative divulguée au public														
R1A3 - Recueil de l'information sur un produit existant (points forts/faibles, benchmark, etc.)	OUI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R1A4 - Planification stratégique														
R1A5 - Développement de produits														
R1A6 - Écoconception (réduire les impacts environnementaux d'un produit)	OUI	1		1	1			1		1		1		1
R1A7 - Choix technologique														
R1A8 - Déclaration environnementale de produit (écolabel, certification)														
R1A9 - Se conformer à la législation et/ou autres exigences														
R1A10 - Surveillance (monitoring) des impacts d'un produit/sectorisation														
R1A11 - Développement de législations/politiques environnementales														
Q2A - À qui seront communiqués les résultats de l'ACV (public visé)?														
R2A1 - Public (consommateurs, collectivités, etc.)														
R2A2 - Producteurs (B2B, non textiles, B2B, autres de diverses etc.)	OUI													

Figure 6.4 Troisième composante de l'outil d'aide - grille de réponse.

La quatrième composante de l'outil d'aide présente les résultats (les deux axes horizontaux en jaune au bas du tableur) (figure 6.5). Les résultats sont divisés en deux niveaux : la hiérarchisation des méthodes d'ÉICV et la hiérarchisation des catégories d'impact. Les résultats sont obtenus par la comptabilisation des « 1 » découlant des réponses au questionnaire.

R6A6 - Consommation de ressources non renouvelables														
R6A7 - Énergie														
Q7A - Souscrivez-vous à un écolabel pour le textile? Si oui, lequel?														
R7A1 - Der Blaue Engel - RAL-UZ 154 Textiles														
R7A2 - BlueSign														
R7A3 - EU Ecolabel (label de l'Union Européenne)														
R7A4 - Global Organic Textile Standard														
R7A5 - Nordic Ecolabel														
R7A6 - Oeko-Tex 100														
R7A7 - Oeko-Tex 1000														
Nombre de fois que la catégorie d'impact est citée dans la littérature														
	6	3	2	5	5	4	5							
Totaux par méthode d'évaluation des impacts														
	ReCiPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCiPe (ODP)	ReCiPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUh)	ReCiPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCiPe (FETP; METP)	CML 2002 (AP)	ReCiPe (TAP)	ReCiPe (FEP; MEP)	Ch
Méthode d'évaluation des impact à favoriser par catégorie d'impact	ReCiPe	ReCiPe	ReCiPe	ReCiPe	USEtox	USEtox	ReCiPe	ReCiPe						
Totaux par catégorie d'impact														
	Changement climatique	Dépîtion de la couche d'ozone	Formation de smog photochimique	Toxicité humaine	Écotoxicité aquatique	Acidification	Eutrophisation aquatique							
	21	13	18	22	23	18	21							

Figure 6.5 Quatrième composante de l'outil d'aide - résultats.

Une vue d'ensemble de l'outil d'aide est présentée à la figure 6.6 (questionnaire A - Europe). Le questionnaire B (Amérique du Nord) est présenté à l'annexe 6, puisqu'il est identique à celui pour l'Europe, à l'exception des méthodes d'évaluation des impacts (et des réponses prédéterminées – cellules où les « 1 » apparaissent dans la grille de réponse).

QUESTIONNAIRE A - EUROPE

INSTRUCTIONS

Pour la ou les réponse(s) correspondant à votre situation, sélectionner "OUI" dans les menus déroulants adjacents à chaque réponse (cellules orange).
 Pour les réponses qui ne s'appliquent pas à votre situation, laisser la cellule vide.
 Si vous choisissez "OUI" par erreur, sélectionner la cellule et enfoncez la touche "Delete".
IMPORTANT: plusieurs réponses peuvent être sélectionnées pour une même question.

Les résultats seront automatiquement calculés en fonction de vos réponses (cellules jaunes au bas de l'outil). Les résultats présentent deux niveaux:
 1) L'outil recommande une méthode d'évaluation des impacts pour chaque catégorie d'impact donnée (**ligne 84**).
 2) L'outil hiérarchise les dix catégories d'impact (**ligne 88**). Si vous devez utiliser moins de dix catégories d'impact pour votre étude d'ACV, vous pourrez éliminer en priorité les catégories d'impact ayant obtenu les scores les plus bas.

Catégories d'impact	Changement climatique		Dépîtion de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique		Utilisation du territoire		Consommation des ressources naturelles		Consommation des ressources en eau	
	ReCIPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCIPe (ODP)	ReCIPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUH)	ReCIPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCIPe (FETP, METP)	CML 2002 (AP)	ReCIPe (TAP)	ReCIPe (FEP, MEP)	CML 2002 (EP)	ReCIPe (ALOP, ULOP, NLTP)	CML 2002 (-)	ReCIPe (MDP, FDP)	CML 2002 (ADP)	Swiss Eco-scarcity (distance to target)	ReCIPe (WDP)

Q1A - Quelle est l'application envisagée des résultats de l'ACV (raison conduisant à réaliser l'ACV)?

R1A1 - Comparer des scénarios/produits/secteurs (interne et/ou externe)	OUI	1		1	1			1		1		1			1		1		1	1
R1A2 - Affirmation comparative divulguée au public																				
R1A3 - Recueillir de l'information sur un produit existant (points forts/faibles, benchmark, etc.)																				
R1A4 - Planification stratégique																				
R1A5 - Développement de produits																				
R1A6 - Ecoconception (réduire les impacts environnementaux d'un produit)	OUI	1		1	1			1		1		1		1		1		1		1
R1A7 - Choix technologique																				
R1A8 - Déclaration environnementale de produit (écolabel, certification)																				
R1A9 - Se conformer à la législation et/ou autres exigences	OUI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R1A10 - Surveillance (monitoring) des impacts d'un produit/secteur/nation																				
R1A11 - Développement de législations/politiques environnementales																				

Q2A - À qui seront communiqués les résultats de l'ACV (public visé)?

R2A1 - Public (consommateurs, collectivités, etc.)	OUI	1		1	1			1		1		1		1		1		1		1
R2A2 - Producteur (à l'interne, sous-traitants, B2B, cahier de charges, etc.)	OUI	1		1	1			1		1		1		1		1		1		1
R2A3 - Gouvernement																				
R2A4 - À des experts en ACV uniquement (interne et/ou externe)																				
R2A5 - À des experts en ACV et non-experts (interne et/ou externe)	OUI	1		1	1			1	1		1		1		1		1		1	
R2A6 - À des non-experts uniquement (interne et/ou externe)																				

Q3A - Qui utilisera l'ACV à l'interne?

R3A1 - La direction	OUI	1		1	1			1	1		1		1		1		1		1	1
R3A2 - Expert ACV																				
R3A3 - Ingénieur	OUI	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R3A4 - Responsable environnement	OUI	1		1	1			1		1		1		1		1		1		1
R3A5 - Designer																				
R3A6 - Équipe marketing	OUI	1		1	1			1		1		1		1		1		1		1

Recommandations préliminaires du JRC

				1			1		1			1					1		1	
--	--	--	--	---	--	--	---	--	---	--	--	---	--	--	--	--	---	--	---	--

Q4A - Quel est le type de textile fabriqué/utilisé?

R4A1 - Fibre naturelle d'origine végétale	OUI	1		1	1			1		1		1		1		1		1		1
R4A2 - Fibre naturelle d'origine animale																				
R4A3 - Fibre naturelle d'origine minérale (ex. amiante)																				
R4A4 - Fibre chimique synthétique																				
R4A5 - Fibre chimique artificielle																				
R4A6 - Fibre chimique d'origine inorganique (fibre de verre, fibre de carbone, etc.)																				

Q5A - Quel étape de fabrication du textile est réalisée?

R5A1 - Filature (incluant le bobinage/lourdissage)	OUI	1			1			1		1		1								
R5A2 - Tissage et/ou tricotage et/ou non-tissé	OUI	1			1			1		1		1								
R5A3 - Lavage/blanchissage/séchage	OUI	1			1			1		1		1								1
R5A4 - Teinture	OUI	1			1			1		1		1								1
R5A5 - Impression																				
R5A6 - Apprêts mécaniques (rasage, gaufrage, plissage, etc.)																				
R5A7 - Apprêts chimiques (hydrofuge, antitache, antistatique, ignifuge, etc.)	OUI	1			1			1		1		1								
R5A8 - Enduction (couche de polymère)/laminage																				
R5A9 - Confection (coupe, couture, etc.)																				

Q6A - Quel(s) type(s) de législation s'applique(nt) à votre entreprise et/ou que(s) secteurs de l'environnement désire-t-elle protéger en priorité (système de gestion environnementale, politique environnementale interne)?

R6A1 - Émission de GES	OUI	1																		
R6A2 - Pollution de l'air	OUI			1	1						1		1							
R6A3 - Pollution de l'eau (rejet d'eaux usées)	OUI																			1
R6A4 - Consommation d'eau	OUI																			
R6A5 - Utilisation de produits toxiques	OUI							1		1										
R6A6 - Consommation de ressources non renouvelables																				
R6A7 - Énergie																				

Q7A - Souscrivez-vous à un écolabel pour le textile? Si oui, lequel?

R7A1 - Der Blaue Engel - RAL-UZ 154 Textiles (données non disponibles)																				
R7A2 - Bluesign																				
R7A3 - EU Ecolabel (label de l'Union Européenne)																				
R7A4 - Global Organic Textile Standard																				
R7A5 - Nordic Ecolabel																				
R7A6 - Oeko-Tex 100	OUI							1		1										
R7A7 - Oeko-Tex 1000																				

Nombre de fois que la catégorie d'impact est citée dans la littérature

	6		3		2			5		5		4		5		2		4		3
Totaux par méthode d'évaluation des impacts																				
Méthode d'évaluation des impacts à favoriser par catégorie d'impact	ReCIPe		ReCIPe		ReCIPe		ReCIPe	ReCIPe		ReCIPe		ReCIPe		ReCIPe		ReCIPe		ReCIPe		Swiss Ecoscarcity
	9	3	3	9	10	3	6	7	6	7	3	9	10	3	9	3	9	4	11	2
Totaux par catégorie d'impact	25		17		22		26		27		20		25		15		17		20	

NOTE IMPORTANTE : Il est recommandé d'utiliser toutes les catégories d'impact. Si vous devez en mettre de côté, éliminer en priorité les catégories d'impact ayant obtenu les scores les plus bas.
 Si l'ACV est pour un textile naturel (animal, végétal et minéral), conserver la catégorie d'impact "Utilisation du territoire"; si l'ACV est pour un textile chimique (synthétique, artificiel et inorganique), vous pouvez éliminer cette catégorie d'impact.

Figure 6.6 Vue complète de l'interface de l'outil d'aide, questionnaire A - Europe.

6.1.2. Justification des réponses prédéterminées de la grille de réponses

Tel que mentionné, le questionnaire (deuxième composante de l'outil) et la grille des réponses prédéterminées (troisième composante de l'outil) ont été développés à partir de l'information colligée dans les chapitres 1 à 5 du présent travail. Le questionnaire couvre trois sujets : les paramètres de l'étude d'ACV (questions 1 à 3), les paramètres propres à l'entreprise (pour l'industrie du textile, questions 4 et 5) et la législation applicable (incluant les politiques internes, les écolabels, etc., questions 6 et 7). Les questions 1 à 3 servent à hiérarchiser les méthodes d'ÉICV, tandis que les questions 4 à 7 à hiérarchiser les catégories d'impacts.

La question 1 concerne les applications envisagées de l'ACV (et les raisons conduisant à réaliser une ACV), alors que les questions 2 et 3 touchent au public visé (externe et interne). Ces paramètres font partie des exigences de la norme ISO 14044, section 4.2.2 (2006a). Les choix de réponses à ces trois questions ont notamment été tirés de différents ouvrages (Jolliet *et al.*, 2010; Hauschild *et al.*, 2009b; ISO, 2006b; Baumann and Tillman, 2004; Guinée *et al.*, 2002). Les réponses prédéterminées (cellules où les « 1 » apparaissent dans la grille de réponse) ont été définies sur la base de toute l'information recueillie dans le cadre du présent travail. De façon générale, lorsque l'application envisagée implique le public ou des non-experts, une méthode d'ÉICV offrant un niveau d'évaluation de dommages est favorisée. En effet, la compréhension des résultats de type dommage est plus simple (voir section 2.1.1). Lorsque les deux choix de méthode d'ÉICV sont de type intermédiaire, la méthode d'ÉICV ayant obtenu le plus haut score dans l'évaluation comparative du chapitre 4 est retenue. En complément aux trois premières questions, les résultats préliminaires du JRC (Hauschild *et al.*, 2009b) ont été intégrés à l'outil d'aide (lorsqu'applicable) et ils font partie de la comptabilisation pour la hiérarchisation des méthodes d'ÉICV.

Les questions 4 et 5 concernent la fabrication du textile, soient respectivement le type de textile fabriqué et les étapes de fabrication réalisées par l'entreprise. La question 4 couvre seulement la fabrication de la fibre (de l'extraction des matières premières jusqu'à la fibre, excluant la filature - voir annexe 5). Les choix de réponses à ces deux questions, de même que les réponses prédéterminées (cellules où les « 1 » apparaissent dans la grille de réponse) ont été définies à partir de l'information recueillie au chapitre 5. En ce qui concerne les réponses prédéterminées, le document *BREF Textile* (Commission

européenne, 2003) a été utilisé en complément au chapitre 5 pour déterminer les principaux impacts environnementaux associés aux types de textiles et aux diverses étapes de fabrication.

Les questions 6 et 7 concernent aussi le secteur textile, mais se focalisent sur la législation applicable à cette industrie. La question 6 vise la législation nationale et internationale, tandis que la question 7 est dirigée vers les différents écolabels pour le textile. Il est important d'intégrer les écolabels à l'outil, puisqu'ils touchent à l'affichage environnemental des produits et qu'ils établissent des critères environnementaux pertinents à l'industrie du textile. Les choix de réponses aux questions 6 et 7 reposent sur l'information récoltée au chapitre 5. Les réponses prédéterminées (cellules où les « 1 » apparaissent dans la grille de réponse) ont été définies de façon logique. Par exemple, si l'entreprise est soumise à de la législation relative aux rejets d'eaux usées, les catégories d'impacts touchant à l'eau sont prédéterminées (écotoxicité aquatique, acidification et eutrophisation aquatique).

En complément aux questions 4 à 7, un décompte du nombre de fois que les catégories d'impact sont mentionnées dans la littérature, particulièrement dans les études d'ACV sur le textile (section 5.2.3), a été intégré à l'outil d'aide. Ce décompte est comptabilisé pour la hiérarchisation des catégories d'impact, ce qui permet de contrebalancer les résultats de la grille d'évaluation comparative du chapitre 4.

6.2. Fonctionnement de l'outil d'aide

L'outil d'aide, sous forme d'un tableur Excel[®], comporte quatre onglets. Le premier onglet présente l'outil et les instructions d'utilisation. Le deuxième onglet est la « page de départ » et elle sert à diriger le répondant vers le questionnaire correspondant à sa situation géographique, soit l'Europe (troisième onglet) ou l'Amérique du Nord (quatrième onglet). Les troisième et quatrième onglets ont une structure et un fonctionnement identiques (section 6.1.1), mise à part les méthodes d'ÉICV privilégiées qui sont européennes dans le premier cas et nord-américaines dans le deuxième cas (les réponses prédéterminées – cellules où les « 1 » apparaissent dans la grille de réponse – diffèrent évidemment).

Donc, le répondant détermine d'abord si l'Europe ou l'Amérique du Nord est plus appropriée à son contexte. Il est automatiquement dirigé vers le questionnaire approprié et répond aux questions qui lui sont pertinentes par « OUI » (ce qui se traduit par des « 1 » dans les cellules concernées). Le tableur additionne automatiquement tous les « 1 » pour chaque méthode d'ÉICV et chaque catégorie d'impact; les résultats sont donc calculés en fonction des réponses. Les résultats se divisent en deux niveaux : la hiérarchisation des méthodes d'ÉICV et la hiérarchisation des catégories d'impact. Le premier niveau permet de déterminer quelle méthode d'ÉICV est la plus pertinente au contexte de l'entreprise (pour chaque catégorie d'impact donnée). Le deuxième niveau comptabilise les occurrences de chacune des catégories d'impacts. Comme indiqué dans l'outil, il est recommandé de conserver un maximum de catégorie d'impact, mais dans l'éventualité où l'étude demanderait un nombre limité de catégories d'impact, le répondant pourra d'abord éliminer celles ayant obtenu les scores les plus bas. Le répondant obtient donc les méthodes d'ÉICV à utiliser par catégorie d'impact et une hiérarchisation des catégories d'impact.

6.2.1. Exemple d'utilisation de l'outil d'aide

Afin de simplifier la compréhension du fonctionnement de l'outil d'aide, il sera appliqué à une étude de cas réelle. Il s'agit de l'entreprise française TF Création, qui fait partie du projet de recherche pour le développement de l'outil d'écoconception TEKSAJO. Le tissu sélectionné est le Velteclat, un textile de type industriel et commercial fait à 100 % de polyester. Les étapes de fabrication du Velteclat n'incluent pas la confection, puisque TF Création produit des rouleaux de tissu qu'elle revend par la suite. La majorité des étapes du cycle de vie du Velteclat a lieu en Europe. Les étapes de fabrication du textile réalisées par l'entreprise sont le tissage et diverses opérations d'ennoblissement, dont la teinture et l'application de traitement ignifuge. Le mandataire de l'étude d'ACV est l'entreprise elle-même; celle-ci désire connaître les étapes du cycle de vie du Velteclat qui ont le plus d'impacts sur l'environnement, afin d'entreprendre une démarche d'écoconception. L'ACV a été conduite à l'externe par le CREIDD, à l'Université de Technologie de Troyes (France). Les autres intervenants qui utiliseront les résultats de l'ACV sont la direction de TF Création, les ingénieurs de procédés et l'équipe marketing. Au niveau de la législation environnementale, l'entreprise doit payer des redevances pour sa consommation d'eau, elle doit répondre à des normes de rejets d'eaux usées et elle doit rapporter son utilisation de produits toxiques dans le cadre du règlement sur l'enregistrement, l'évaluation,

l'autorisation et les restrictions des substances chimiques REACH. TF Création ne souscrit à aucun écolabel. Enfin, elle n'a pas l'intention de communiquer les résultats de l'ACV au public, ni de les utiliser à des fins d'affirmation comparative.

Pour faciliter la compréhension de la présente section, se référer aussi à la figure 6.6. La première étape d'utilisation de l'outil d'aide consiste donc à répondre à la question 1 dans l'onglet « Page de départ ». Dans le cas de TF Création, le répondant cliquerait sur la case en bleu pour l'Europe (figure 6.7). Le répondant est automatiquement dirigé vers l'onglet « Questionnaire A ».

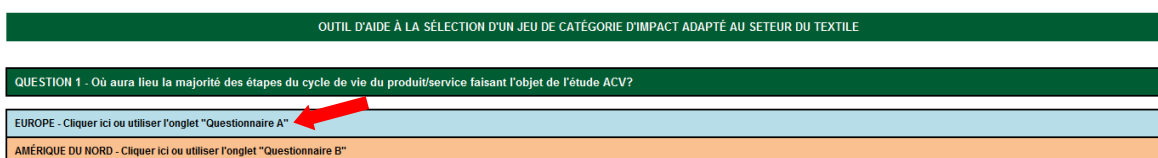


Figure 6.7 Question 1 dans l'onglet « Page de départ » pour l'étude de cas de TF Création.

Ensuite, le répondant sélectionne « OUI » aux réponses qui s'appliquent à sa situation pour chacune des sept questions. Dans le cas de TF Création, à la question 1 (Q1A), le répondant choisirait « OUI » aux réponses 3 (R1A3) « Recueillir de l'information sur un produit existant » et 6 (R1A6). « Écoconception ». Les « 1 » apparaissent automatiquement dans les cellules appropriées (figure 6.8). Le répondant procède ainsi de suite pour les sept questions.

Catégories d'impact	Changement climatique		Dépilation de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique	
	ReCPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCPe (ODP)	ReCPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUh)	ReCPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCPe (FETP, METP)	CML 2002 (AP)	ReCPe (TAP)	ReCPe (FEP, MEP)	CI
Q1A - Quelle est l'application envisagée des résultats de l'ACV (raison conduisant à réaliser l'ACV)?														
RIA1 - Comparer des scénarios/produits/secteurs (interne et/ou externe)														
RIA2 - Affirmation comparative divulguée au public														
RIA3 - Recueillir de l'information sur un produit existant (points forts/faibles, benchmark, etc.)	OUI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIA4 - Planification stratégique														
RIA5 - Développement de produits														
RIA6 - Écoconception (réduire les impacts environnementaux d'un produit)	OUI	1		1	1			1		1		1		1
RIA7 - Choix technologique														
RIA8 - Déclaration environnementale de produit (écolabel, certification)														
RIA9 - Se conformer à la législation et/ou autres exigences														
RIA10 - Surveillance (monitoring) des impacts d'un produit/sectorisation														
RIA11 - Développement de législations/politiques environnementales														

Figure 6.8 Question Q1A dans l'onglet « Questionnaire A » pour l'étude de cas de TF Création.

Ainsi, une fois le questionnaire terminé, les résultats sont automatiquement affichés au bas du tableur. La ligne 84 (ligne jaune du haut) présente les méthodes d'ÉICV à prioriser par catégorie d'impact, alors que la ligne 88 (ligne jaune du bas) donne les scores pour chaque catégorie d'impact (figure 6.9).

ReCiPe (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (GWP ₁₀₀)	CML 2002 (ODP)	ReCiPe (ODP)	ReCiPe (POCP)	CML 2002 (POCP)	USEtox (CTUh)	ReCiPe (HTP)	USEtox (CTUe)	ReCiPe (FETP: METP)	CML 2002 (AP)	ReCiPe (TAP)	ReCiPe (FEP: MEP)	CML 2002 (EP)	ReCiPe (ALOP: ULOP: NLTP)	CML 2002 (-)	ReCiPe (MDP: FDP)	CML 2002 (ADP)	Swiss Eco Scarcity (distance to target)	ReCiPe (WDP)
7	3	3	7	8	3	6	5	6	5	3	7	8	3	7	3	7	4	9	2
ReCiPe		ReCiPe		ReCiPe		USEtox		USEtox		ReCiPe		ReCiPe		ReCiPe		ReCiPe		Swiss Eco Scarcity	
Changement climatique	Déplétion de la couche d'ozone	Formation de smog photochimique	Toxicité humaine	Écotoxicité aquatique	Acidification	Eutrophisation aquatique	Utilisation du territoire	Consommation des ressources naturelles	Consommation des ressources en eau										
21	13	18	22	23	18	21	12	16	18										

Figure 6.9 Résultats du questionnaire A pour l'étude de cas de TF Création.

Comme illustré à la figure 6.9, la catégorie d'impact « Utilisation du territoire » a obtenu le score le plus bas. Cela est logique puisque l'utilisation du territoire est notamment associée à la culture du coton ou à l'élevage des moutons, ce qui ne correspond pas au Velteclat, une fibre synthétique. Ainsi, dans le cas où TF Création voudrait réduire le nombre de catégories d'impact, l'entreprise pourrait éliminer « Utilisation du territoire », ensuite « Déplétion de la couche d'ozone » et ainsi de suite pour ne conserver que les catégories les plus pertinentes (scores les plus élevés). Il importe de souligner qu'une note dans l'outil d'aide indique de conserver le maximum de catégories d'impact, tel que recommandé dans la norme ISO 14044 (ISO, 2006b). Le tableau 6.1 présente le jeu de catégorie d'impact (avec les méthodes d'ÉICV associées) qu'aurait obtenu l'entreprise TF Création pour son textile Velteclat. Celle-ci aurait alors pu créer sa méthode d'ÉICV « maison » dans son logiciel d'ACV en se basant sur ces résultats.

Tableau 6.1 Résumé des résultats obtenus avec l'outil d'aide pour l'étude de cas de TF Création.

Jeu de catégorie d'impact	Méthodes d'évaluation des impacts associées
Changement climatique	ReCiPe
Formation de smog photochimique	ReCiPe
Déplétion de la couche d'ozone	ReCiPe
Toxicité humaine	USEtox
Écotoxicité aquatique	USEtox
Acidification	ReCiPe
Eutrophisation aquatique	ReCiPe
Utilisation du territoire	ReCiPe

Jeu de catégorie d'impact	Méthodes d'évaluation des impacts associées
Consommation des ressources naturelles	ReCiPe
Consommation des ressources en eau	Swiss Ecoscarcity

6.3. Avantages et limites de l'outil d'aide

D'abord, bien que le JRC travaille sur un sujet similaire, l'outil d'aide est innovant, car il permet d'adapter la sélection d'un jeu de catégorie d'impact au contexte de différents secteurs d'activité. Dans le cadre du présent travail, seule l'industrie du textile est couverte, mais d'autres secteurs s'ajouteront éventuellement (dans le logiciel TEKSAJO), l'exercice ayant démontré la pertinence de cette approche. De plus, l'outil d'aide se démarque par le fait qu'il s'adresse aux non-experts et rend la phase d'ACVI plus accessible, sans toutefois lui faire perdre sa rigueur scientifique. D'ailleurs, l'outil peut tout aussi bien être utilisé par les experts pour valider leurs choix lors de la phase d'ACVI.

Par ailleurs, l'outil d'aide favorise un jeu de catégories d'impact issues de plusieurs méthodes d'ÉICV différentes. Cette approche permet d'avoir recourt aux meilleurs modèles scientifiques actuels pour chaque catégorie d'impact. Toutefois, cette façon de faire augmente le niveau d'incertitudes, puisque plusieurs méthodes d'ÉICV ayant des méthodologies différentes sont utilisées. Un compromis possible consisterait à limiter le nombre de méthodes d'ÉICV par jeu de catégorie d'impact, afin de diminuer les incertitudes.

Enfin, l'outil repose en partie sur l'évaluation comparative de différentes méthodes d'évaluation des impacts présentée au chapitre 4. Le cadre du présent travail n'ayant pas permis d'analyser toutes les méthodes d'ÉICV existantes, l'évaluation s'est concentrée sur trois méthodes européennes (CML 2002, EDIP 2003 et ReCiPe), deux méthodes nord-américaines (LUCAS et TRACI) et une méthode « globale » (USEtox). L'exercice a permis d'établir une méthode de travail qui pourra être utilisée pour continuer l'évaluation comparative d'autres méthodes d'ÉICV. Néanmoins, le nombre relativement limité de méthodes d'ÉICV évalué dans le cadre de l'essai rend dans une certaine mesure les résultats de l'outil d'aide également limités. Cela est particulièrement marqué pour les méthodes d'ÉICV nord-américaines, puisqu'il n'y en a que deux et que l'une d'elles a été développée à partir de la première (LUCAS se base en partie sur TRACI). Aussi, ces deux méthodes d'ÉICV offrent seulement une évaluation des impacts de type intermédiaire. Donc, pour les méthodes nord-américaines (questionnaire B), l'outil est utile uniquement

pour prioriser les catégories d'impact, dans le cas où il faudrait en éliminer. Ensuite, l'outil tend à favoriser les méthodes d'ÉICV qui offrent les deux niveaux d'évaluation (intermédiaire et de dommages), ce qui élimine presque instantanément les autres méthodes, même si elles avaient obtenu des scores plus élevés lors de l'évaluation comparative présentée au chapitre 4. Les résultats de l'étude de cas de TF Création le démontrent bien : ReCiPe est favorisée sept fois sur dix (tableau 6.1). Cela pourrait facilement être corrigé en ajoutant d'autres méthodes d'ÉICV à l'analyse comparative, ce qui sera fait pour l'outil d'écoconception TEKSAJO, qui intégrera toutes les méthodes d'ÉICV disponibles. D'ailleurs, toujours dans la démarche plus globale du logiciel d'écoconception TEKSAJO, plusieurs opportunités d'amélioration sont possibles :

- intégrer un éventail de données plus large, tel qu'un échantillon d'études d'ACV plus important, des normes, etc. à l'outil d'aide;
- s'assurer que les données utilisées pour construire l'outil d'aide sont continuellement mises à jour;
- mettre l'outil d'aide à l'épreuve en faisant participer des entreprises du secteur textile; et
- développer des critères pour d'autres secteurs d'activité.

CONCLUSION

Le présent travail s'est concentré sur la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie dans l'ACV. Plus particulièrement sur le choix de méthodes d'évaluation des impacts et de catégories d'impact pour le secteur du textile. D'abord parce que la sélection de méthodes d'ÉICV et de catégories d'impact peut s'avérer complexe, surtout pour les entreprises qui ne bénéficient pas toujours de ressources expertes en ACV. Ensuite, parce que la présente étude fait partie d'un projet de recherche français mené pour l'industrie textile (projet T-Soft) a pour objectif de concevoir un logiciel d'écoconception (TEKSAJO). Ce projet implique une entreprise textile (TF Création), l'IFTH et le CREIDD de l'Université de Technologie de Troyes. Enfin, parce qu'il est à prévoir que la législation obligera éventuellement les entreprises à faire de l'affichage environnemental de produits (c'est-à-dire communiquer les impacts environnementaux de leurs produits) et qu'elles devront recourir à l'ACV pour y parvenir.

L'objectif du présent travail consistait à concevoir un outil d'aide pour les entreprises du secteur textile afin de les guider lors de la sélection de méthodes d'évaluation des impacts et d'un jeu de catégories d'impact, dans le cadre d'une étude d'ACV. Cet outil devait leur permettre de faire des choix non arbitraires et adaptés à leur contexte, lors de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie. Ultimement, l'outil d'aide visait à rendre l'ACV plus accessible aux entreprises et ainsi les stimuler à adopter une démarche d'écoconception. Au terme du travail, il est possible d'affirmer que l'objectif a été atteint. En effet, comme présenté au chapitre 6, un outil d'aide qui prend la forme d'un tableur Excel[®] a été développé. L'outil est parfaitement fonctionnel et il permet aux entreprises textiles européennes ou nord-américaines de se construire un jeu de catégories d'impact en répondant aux questions qui se trouvent dans l'outil. Les réponses (oui ou non) aux sept questions garantissent un résultat adapté au contexte de chaque entreprise.

La conception de l'outil d'aide constitue le résultat d'un travail rigoureux de recherche et de consultation d'experts en ACV. Premièrement, il a fallu relever dans la littérature les limites actuelles des méthodes d'évaluation des impacts et des catégories d'impact dans un contexte international. Les principales problématiques qui en ressortent sont la multitude des méthodes d'évaluation des impacts, le nombre de substances prise en compte par les méthodes d'ÉICV, la régionalisation des impacts, l'adaptation des

méthodes d'ÉICV à la globalisation des marchés et certaines catégories d'impact qui demandent à être plus développées. Deuxièmement, un inventaire exhaustif des principales caractéristiques de six méthodes d'ÉICV européennes et nord-américaines (CML 2002, EDIP 2003, ReCiPe, LUCAS, TRACI et USEtox) pour dix catégories d'impact a été fait. Il en résulte dix tableaux qui résument les principales caractéristiques de ces méthodes, soit le modèle de caractérisation, le facteur de caractérisation, l'unité de l'indicateur, la substance de référence, le nombre de substances prises en compte et l'échelle spatiale géographique. Troisièmement, à partir de ces dix tableaux sommaires, une grille d'évaluation comparative a été développée. Cette dernière a permis de comparer les six méthodes d'ÉICV (en relation aux dix catégories d'impact) et de déterminer la méthode d'ÉICV devant être privilégiée pour une catégorie d'impact donnée (les résultats se trouvent au tableau 4.4). Cette grille d'analyse comparative, qui repose sur huit critères et qui prend la forme d'un tableur Excel[®], constitue un outil en soi et elle peut-être utilisée tel quel (pour comparer des méthodes d'ÉICV). Enfin, il a été nécessaire d'analyser le contexte propre au secteur du textile, afin de cerner les particularités de cette industrie, par rapport à l'ACV et la phase d'ACVI. Il est notamment ressorti de cet exercice que les principaux impacts environnementaux associés à la production textile sont : les rejets d'eaux usées, la consommation d'eau, la consommation d'énergie, l'utilisation de matières premières non renouvelables (fibres synthétiques) et l'utilisation du territoire (fibres naturelles). L'eau est donc un aspect important pour le secteur textile. Toutes ces tâches ont été essentielles à la conception de l'outil d'aide.

En terminant, l'outil d'aide répond à un besoin réel puisque de futures lois sur l'affichage environnemental des produits forceront éventuellement certaines entreprises à recourir à l'ACV. De plus, l'outil d'aide innove en ce qui a trait aux outils d'écoconception en incorporant la notion de secteur d'activité au choix de méthodes d'ÉICV et de catégories d'impact. Il s'agit toutefois d'un premier pas, mais des améliorations seront apportées à cet outil dans le cadre du projet de recherche français T-Soft et de l'outil d'écoconception TEKSAJO. En effet, ce logiciel pourra incorporer plus que les six méthodes d'ÉICV et dix catégories d'impact analysées dans ce travail. Il pourra également couvrir d'autres continents, en ne se limitant pas à l'Europe et l'Amérique du Nord. Enfin, il pourra être mis à l'épreuve auprès d'entreprises textiles. Malgré cela, l'outil d'aide présenté au chapitre 6 est totalement fonctionnel et peut être utilisé dès maintenant par les entreprises œuvrant dans le textile.

RÉFÉRENCES

- ADEME (2006). An Environmental Product Declaration of Jeans. *In* ADEME. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. *Site de l'ADEME*, [En ligne]. <http://www.ademe.fr/internet/eco-jean/> (Page consultée le 11 juillet 2011).
- Afnor (2010a). Affichage environnemental des produits de grande consommation. Report de l'exigence réglementaire. *In* Afnor. *Site de l'Afnor*, [En ligne]. <http://affichage-environnemental.afnor.org/actualites/report-exigence-reglementaire> (Page consultée le 21 juillet 2011).
- Afnor (2010b). Affichage environnemental des produits de grande consommation. Liste des groupes de travail. *In* Afnor. *Site de l'Afnor*, [En ligne]. <http://affichage-environnemental.afnor.org/actualites/liste-des-gt-sectoriels> (Page consultée le 21 juillet 2011).
- Afnor (2010c). Particuliers. Grenelle de l'Environnement : les conditions d'affichage de l'impact environnemental des produits sont définies. *In* Afnor. *Site de l'Afnor*, [En ligne]. <http://www.afnor.org/fr/profils/situation/particuliers/grenelle-de-l-environnement-les-conditions-d-affichage-de-l-impact-environnemental-des-produits-sont-definies> (Page consultée le 21 juillet 2011).
- Bare, J.C., Norris, G.A., Pennington, D.W. and McKone, T.E. (2003). TRACI, the tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 6, n° 3-4, p. 49-78.
- Bare, J.C., Hofstetter, P., Pennington, D. and Udo de Haes, H.A. (2000). Midpoints versus endpoints: the sacrifices and benefits. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 5, n° 6, p. 319-326.
- Baumann, H. and Tillman, A.-M. (2004). *The Hitch Hicker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Suède, Studentlitteratur, 543 p.
- Bayart, J.-B., Bulle, C., Deschênes, L., Margni, M., Pfister, S., Vince, F. and Koehler, A. (2010). A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 15, n° 5, p. 439-453.
- Belhani, M. (2009). *Choix des méthodes et des indicateurs d'impacts*. Document de travail (thèse de doctorat), Centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable, Université de technologie de Troyes, France, 20 p.
- Bluesign® (2010). Bluesign® criteria for textile manufacturers. *Site de Bluesign®*, [En ligne]. <http://www.bluesign-tech.com/index.php?id=150> (Page consultée le 14 mars 2011).
- Boureima F.-S., Messagie, M., Matheys, J., Wynen, V., Sergeant, N., Van Mierlo, J., De Vos, M. and De Caebel, B. (2009). Comparative LCA of electric, hybrid, LPG and gasoline cars in Belgian context. *EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium*. Stavanger, Norvège, 13-16 mai, 2009.

- Bowyer, J., Bratkovich, S., Fernholz, K. And Lindburg, A. (2009). Life Cycle Assessment of Flooring Materials: A Guide to Intelligent Selection. *Site de Dovetail Partners Inc.*, [En ligne]. <http://www.dovetailinc.org/reportsview/2009/responsible-materials/pdr-jim-bowyerp/life-cycle-assessment-flooring-materials-guid> (Page consultée le 21 avril 2011).
- Commission européenne (2003). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry (BREF TEXTILE.). *In European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. Site de la Commission européenne*, [En ligne]. <http://eippcb.jrc.es/reference/> (Page consultée le 21 juin 2011).
- Commission européenne (2007). Évaluation des impacts sur l'environnement des mesures de la PAC relatives au coton. *In Agriculture et développement rural. Site de la Commission européenne*, [En ligne]. http://ec.europa.eu/agriculture/eval/index_fr.htm (Page consultée le 2 juin 2011).
- Corso, C. R., and Maganha de Almeida, A. C. (2008). Bioremediation of Dyes in Textile Effluents by *Aspergillus oryzae*. *Microbial Ecology*, vol. 57, n° 2, p. 384-390.
- Dahllöf, L. (2003). *Life Cycle Assessment applied in the Textile Sector: the Usefulness, Limitations and Methodological Problems – A Literature Review*. Revue de littérature (thèse), Chalmers University of Technology, Goteborg, Suède, 16 p.
- Dahllöf, L. (2004a). *LCA Methodology Issues for Textile Products*. Thèse, Chalmers University of Technology, Goteborg, Suède, 37 p.
- Dahllöf, L. (2004b). *Methodological Issues in the LCA Procedure for the Textile Sector. A case study concerning fabric for a sofa*. Chalmers University of Technology, Goteborg, Suède, 99 p.
- Dandres, T. (2011). Communication personnelle. Questionnaire courriel sur les méthodes d'évaluation des impacts/catégories d'impact. 11 mars 2011, Montréal, Québec, Canada.
- Der Blaue Engel (2011). Basic Criteria for Award of the Environmental Label - Low-Emission Textile Floor Coverings - RAL-UZ 128. *Site de Der Blaue Engel*, [En ligne]. http://www.blauer-engel.de/en/products_brands/search_products/produkttyp.php?id=399 (Page consultée le 15 août 2011).
- Diwaniyan, S., Kharb, D., Raghukumar, C. and Kuhad, R. C. (2009). Decolorization of Synthetic Dyes and Textile Effluents by Basidiomycetous Fungi. *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 210, n° 1-4, p. 409-419.
- Dreyer, L.C., Niemann, A.L., Hauschild, M.Z. (2003). Comparison of three different LCIA methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99. Does it matter which one you choose? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 8, n° 4, p. 191-200.

- Eberle, H., Hermeling, H., Hornberger, M. et Ring, W. (1999). *Technologie du vêtement*. Édition française, Montréal, Guérin éditeur, 258 p.
- European Commission (2009). Décision de la Commission du 9 juillet 2009 établissant les critères d'attribution du label écologique communautaire aux produits textiles. *Site de la European Commission Environment*, [En ligne]. http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/ecolabelled_products/categories/textiles_en.htm (Page consultée le 10 mai 2011).
- Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D. and Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, vol. 91, n° 1, p. 1-21.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M. and Van Dorland, R. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L., *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (chap. 2, p. 130-234). Royaume-Uni et États-Unis, Cambridge University Press.
- Frischknecht, R., Steiner, R., Arthur, B., Norbert, E. and Gabi, H. (2006). Swiss Ecological Scarcity Method: The New Version 2006. In Publications: Life Cycle Impact Assessment. *Site de ESU-Services Ltd.*, [En ligne]. <http://www.esu-services.ch/publications/lcia/> (Page consultée le 25 mars 2011).
- Garaud, C. et Sautreuil, B. (2000). *Technologie des tissus*. 8^e édition, Paris, Casteilla, 127 p.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J. and Van Zelm, R. (2009). *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at midpoint and endpoint level. Report 1: Characterisation*. 1^{ère} édition. Pays-Bas, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. 132 p.
- Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Sleeswijk, A. W., Suh, S., Udo de Haes, H. A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M. A. J., Lindijer, E., Roorda, A. A. H., van der Ven, B. L. and Weidema, B. P. (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards*. Pays-Bas, Kluwer Academic Publishers, Centre of Environmental Sciences, Leiden University, 692 p.
- Hauschild, M. Z., Goedkoop, M., Guinée, J.B., Heijungs, R., Huijbregts, M., Jolliet, O., Margni, M. and De Schryver A. (2009a). Framework and requirements for Life Cycle Impact Assessment (LCIA) models and indicators. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. In Life Cycle Thinking and Assessment. Institute for the Environment and Sustainability. *Site de la Commission européenne - Joint Research Center*, [En ligne]. <http://lct.jrc.ec.europa.eu/assessment/assessment/projects#d> (Page consultée le 2 février 2011).

- Hauschild, M. Z., Goedkoop, M., Guinée, J.B., Heijungs, R., Huijbregts, M., Jolliet, O., Margni, M. and De Schryver A. (2009b). Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. Background document. *In* Life Cycle Thinking and Assessment. Institute for the Environment and Sustainability. *Site de la Commission européenne - Joint Research Center*, [En ligne]. <http://ict.jrc.ec.europa.eu/assessment/assessment/projects#d> (Page consultée le 2 février 2011).
- Hauschild, M. Z., Huijbregts, M., Jolliet, O., Macleod, M., Margni, M., Van De Meent, D., Rosenbaum, R. K. and McKone, T. E. (2008). Building a Model Based on Scientific Consensus for Life Cycle Impact Assessment of Chemicals: The Search for Harmony and Parsimony. *Environmental Science & Technology*, vol. 42, p. 7032-7037.
- Hegde, R. R., Dahiya, A., Kamath, M. G., Gao, X. and Jangala, P. K. (2004). Cotton Fibers. *Site de The University of Tennessee, Knoxville*, [En ligne]. <http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Cotton%20fibers.htm> (Page consultée le 4 avril 2011).
- International Working Group on Global Organic Textile Standard (2011). Global Organic Textile Standard (GOTS) - Version 3.0. *Site de l'International Working Group on Global Organic Textile Standard*, [En ligne]. <http://www.global-standard.org/the-standard/gots-version-3.html> (Page consultée le 8 avril 2011).
- Jolliet, O., Saadé, M., Crettaz, P. et Shaked, S. (2010). *Analyse du cycle de vie : Comprendre et réaliser un écobilan*. 2^e édition, Suisse, Presses polytechniques et universitaires romandes, 302 p. (Collection Science et ingénierie de l'environnement).
- Kalliala, (s.d.). The environmental index model for textiles and textile services. *Site de l'Université de Leiden*, [En ligne]. <http://media.leidenuniv.nl/legacy/chainet%20abs%20kali.pdf> (Page consultée le 7 mars 2011).
- Laratte, B. (2009). *Base de données et méthodes d'évaluation des impacts*. Support pour le cours « Évaluation environnementale - ME01 ». Université de technologie de Troyes. France. 93 p.
- Larsen, H. F. and Hauschild M. (2007). Evaluation of Ecotoxicity Effect Indicators for Use in LCIA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 12, n°1, p. 24-33.
- Laursen, S. E., Hansen, J., Knudsen, H. H., Wenzel, H., Larsen, H. F. And Kristensen, F. M. (2007). EDIPTEX - Environmental assessment of textiles. *Site de The Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency*, [En ligne]. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2007/978-87-7052-515-2/pdf/978-87-7052-516-9.pdf> (Page consultée le 10 janvier 2011).
- Leroy, Y. (2010). Communication personnelle. Questionnaire courriel sur les méthodes d'évaluation des impacts/catégories d'impact. 12 mai 2010, Troyes, France.

- Longet, C. (2010). Communication personnelle. Questionnaire courriel sur les méthodes d'évaluation des impacts/catégories d'impact. 12 mai 2010, Troyes, France.
- Matheys, J., Timmermans, J.-M., Van Autenboer, W., Van Mierlo, J., Maggetto, G., Meyer, S., De Groof, A., Hecq, W. and Van den Bossche, P. (2006). Comparison of the Environmental impact of 5 Electric Vehicle Battery technologies using LCA. *13th edition of the CIRP International conference on Life Cycle Engineering*. Louvain, Belgique, 31 mai-2 juin, 2006.
- Nordic Ecolabelling (2010). Nordic Ecolabelling of Textiles, skins and leather. *Site de Ecolabelling Sweden*, [En ligne]. <http://www.svanen.se/en/Svanenmarka/Kriterier/?p=3> (Page consultée le 22 mars 2011).
- Norris, G. A. (2003). Impact Characterization in the Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. Methods for Acidification, Eutrophication, and Ozone Formation. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 6, n° 3-4, p. 79-101.
- Oeko-Tex® (2011a). Oeko-Tex® Standard 100 – Conditions générales et spéciales – Édition 01/2011. *Site de Oeko-Tex®*, [En ligne]. http://www.oeko-tex.com/OekoTex100_PUBLIC/content.asp?area=hauptmenue&site=downloads&cls=03&DownloadCategorie=10#ts (Page consultée le 21 juin 2011).
- Oeko-Tex® (2011b). Oeko-Tex® Standard 1000 – Édition 01/2011. *Site de Oeko-Tex®*, [En ligne]. http://www.oeko-tex.com/OekoTex100_PUBLIC/content.asp?area=hauptmenue&site=downloads&cls=03&DownloadCategorie=10#ts (Page consultée le 21 juin 2011).
- Olivier, M. J. (2007). *Chimie de l'environnement*. 5^e édition, Québec, Les productions Jacques Bernier, 315 p.
- Organisation internationale de normalisation – ISO (2006a). *Management environnemental. Analyse du cycle de vie. Principes et cadre*. Genève, ISO, 23 p. (Norme internationale ISO 14040).
- Organisation internationale de normalisation – ISO (2006b). *Management environnemental. Analyse du cycle de vie. Exigences et lignes directrices*. Genève, ISO, 48 p. (Norme internationale ISO 14044).
- Organisation internationale de normalisation – ISO (2000). *Étiquettes et déclarations environnementales — Principes généraux*. Genève, ISO, 6 p. (Norme internationale ISO 14020).
- Organisation internationale de normalisation – ISO (1999a). *Marquages et déclarations environnementaux — Autodéclarations environnementales (Étiquetage de type II)*. Genève, ISO, 24 p. (Norme internationale ISO 14021).
- Organisation internationale de normalisation – ISO (1999b). *Marquage et déclarations environnementaux — Étiquetage environnemental de type I — Principes et méthodes*. Genève, ISO, 13 p. (Norme internationale ISO 14024).

- Organisation internationale de normalisation – ISO (2006c). *Marquages et déclarations environnementaux — Déclarations environnementales de Type III — Principes et modes opératoires*. Genève, ISO, 26 p. (Norme internationale ISO 14025).
- Potting, J. and Blok, K. (1995). Life-cycle assessment of four types of floor covering. *Journal of Cleaner Production*, vol. 3, n° 4, p. 201-213.
- Potting, J. and Hauschild, M. (1997). LCA Methodology. Part II: spatial differentiation in life-cycle assessment via the site-dependent characterisation of environmental impact from emissions. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 2, n° 4, p. 209-216.
- Québec (2011). *In* Le Grand dictionnaire terminologique. Site de l'Office québécois de la langue française, [En ligne]. <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html> (Page consultée le 27 avril 2011).
- Rimbault, M. et Humbert, S. (2011). L'ISO envisage une norme relative à l'empreinte eau. *Site de l'Organisation internationale de normalisation*, [En ligne]. http://www.iso.org/iso/fr/iso-magazines/iso-focus-plus_index/iso-focusplus_online-bonus-articles/isofocusplus_bonus_water-footprint.htm (Page consultée le 18 juillet 2011).
- Ren, X. (2000). Development of environmental performance indicators for textile process and product. *Journal of Cleaner Production*, vol. 8, n° 6, pp.473-481.
- Rosenbaum, R. K., Bachmann, T. M., Gold, L. S., Huijbregts, M., Jolliet, O., Juraske, R., Koehler, A., Larsen, H. F., Macleod, M., Z., Margni, M., McKone, T. E., Payet, J., Schuhmacher, M., Van De Meent, D. and Hauschild, M. (2008). USEtox – the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 13, p. 532-546.
- Steinberger, J. K., Friot, D., Jolliet, O. and Erkman, S. (2009). A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 14, n° 5, p. 443-455.
- Toffoletto, L. (2005). LUCAS : Une méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie spécifique au contexte canadien. *In* Cahiers scientifiques du CIRAI, vol. 1, n° 2, avril 2005. *Site du CIRAI*, [En ligne]. <http://www.ciraig.org/fr/bulletins.html> (Page consultée le 18 janvier 2011).
- Toffoletto, L., Bulle, C., Godin, J., Reid, C. and Deschênes, L. (2007). LUCAS – A New LCIA Method Used for a Canadian-Specific Context. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 12, n° 2, p. 93-102.
- Türgay, O., Ersöz, G., Atalay, S., Forss, J. and Welander, U. (2011). The Treatment of Azo Dyes Found in Textile Industry Wastewater by Anaerobic Biological Method and Chemical Oxidation. *Separation and Purification Technology*, vol. 79, n° 1, p. 26-33.

- Van der Werf, H. M. G. and Turunen, L. (2007). The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. *Industrial Crops and Products*, vol. 27, n° 1, p. 1-10.
- Verma, A. K., Raghukumar, C., Verma, P., Shouche, Y. S. and Naik, C. G. (2009). Four marine-derived fungi for bioremediation of raw textile mill effluents. *Biodegradation*, vol. 21, n° 2, p. 217-233.

ANNEXE 1
MÉTHODE D'ÉVALUATION DES SOURCES

Tableau A1.1 Exemple de la grille d'évaluation des sources.

Source	Cotation par critère d'évaluation				Résultat (moyenne des cotes)
	A	B	C	D	
Joliet, O., Saadé, M., Crettaz, P. et Shaked, S. (2010). <i>Analyse du cycle de vie : Comprendre et réaliser un écobilan</i> . 2 ^e édition, Suisse, Presses polytechniques et universitaires romandes, 302 p. (Collection Science et ingénierie de l'environnement).	3	3	3	3	3

Tableau A1.2 Critères et cotation pour l'évaluation des sources.

Critères d'évaluation	Cotes	Exemples
A - Provenance de la source	1 : Peu fiable	Site internet qui n'est pas associé à un organisme reconnu dans le domaine.
	2 : Fiable	Mémoire d'étudiant d'une université reconnu dans le domaine.
	3 : Très fiable	Périodique scientifique reconnu pour ses articles dans le domaine.
B – Crédibilité de l'auteur	1 : Peu fiable	Auteur rarement cité ou travaillant au sein d'un organisme qui n'est pas spécialisé dans le domaine.
	2 : Fiable	Expert du domaine travaillant seulement dans une firme privée.
	3 : Très fiable	Sommité citée régulièrement, travaillant pour des groupes de recherche scientifique ou universitaire.
C - Objectivité de la source	1 : Peu fiable	Source émettant des opinions sans référence.
	2 : Fiable	Source faisant état de faits sans nécessairement expliquer la méthodologie suivie.
	3 : Très fiable	Source faisant état de faits, démontrant la méthodologie suivie et ayant une revue critique ou faisant état des limites.
D - Date de la source	1 : Peu fiable	Source datant de plus de 10 ans ou étant trop récente pour avoir fait consensus.
	2 : Fiable	Source datant de 1 à 10 ans.
	3 : Très fiable	Source datant de 1 à 10 ans et étant une référence dans le domaine.

Note : Ce critère pourra être ajusté, car dans le domaine de l'ACV, certaines sources datant de plus de 10 ans constituent des références incontournables.

ANNEXE 2
RECENSEMENT DES MÉTHODES D'ÉVALUATION DES IMPACTS

Tableau A2.1 Méthodes d'évaluation des impacts actuelles (compilé de Jolliet *et al.*, 2010, p. 110 et Hauschild *et al.*, 2009b).

BEES (<i>Building for Environmental and Economic Sustainability</i>)
<p>Développé par : U.S. National Institute of Standards and Technology Healthy and Sustainable Buildings Program</p> <p>Pays d'origine : États-Unis</p> <p>Type de méthode : Intermédiaire</p>
CML 2002
<p>Développé par : CML (Centre des sciences environnementales - <i>Universiteit Leiden</i>) www.cml.leiden.edu/research/industrialecology/researchprojects/finished/new-dutch-lca-guide.html</p> <p>Pays d'origine : Pays-Bas</p> <p>Type de méthode : Intermédiaire</p>
Eco-indicator 99
<p>Développé par : PRé Consultants www.pre-sustainability.com/content/eco-indicator-99</p> <p>Pays d'origine : Pays-Bas</p> <p>Type de méthode : Dommages</p>
EDIP 97 et EDIP 2003 (<i>Environmental Design of Industrial Products</i>)
<p>Développé par : Danmarks Tekniske Universitet (DTU)</p> <p>Pays d'origine : Danemark</p> <p>Type de méthode : Intermédiaire</p>
EPS 2000 (<i>Environmental Priority Strategies in Product Development System</i>)
<p>Développé par : IVL Swedish Environmental Research Institute</p> <p>Pays d'origine : Suède</p> <p>Type de méthode : Dommages (en valeur monétaire : « volonté de payer »)</p>
Impact 2002+
<p>Développé par : EPFL</p> <p>Pays d'origine : Suisse</p> <p>Type de méthode : Intermédiaire et dommages</p>
LIME
<p>Développé par : LCA National Project of Japan www.jemai.or.jp/english/lca/project.cfm</p> <p>Pays d'origine : Japon</p> <p>Type de méthode : Intermédiaire et dommages</p>
LUCAS
<p>Développé par : Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) www.ciraig.org/fr/index.html</p> <p>Pays d'origine : Canada</p> <p>Type de méthode : Intermédiaire</p>

MEEuP (Methodology study for Eco-design of Energy-using Products)

Développé par : VhK

Pays d'origine : Pays-Bas

Type de méthode : Intermédiaire

ReCiPe

Développé par : *National Institute for Public Health and the Environment, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen et CE Delft*

www.lcia-recipe.net

Pays d'origine : Pays-Bas

Type de méthode : Intermédiaire et dommages

Swiss Ecoscarcity 07

Développé par : E2, ESU-services et l'Office fédéral de l'environnement

Pays d'origine : Suisse

Type de méthode : Objectifs politiques

TRACI (Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts)

Développé par : *U.S. Environmental Protection Agency*

www.epa.gov/nmrl/std/sab/traci

Pays d'origine : États-Unis

Type de méthode : Intermédiaire

USEtox

Développé par : 5 équipes de chercheurs ayant mis au point les modèles CALTOX, USES-LCA, IMPACT 2002+, EDIP et BETR

www.usetox.org

Pays d'origine : Europe et Amérique du Nord

Type de méthode : Intermédiaire

ANNEXE 3
QUESTIONNAIRE 1 DESTINÉ AUX EXPERTS EN ACV

Afin de valider et raffiner le choix des critères de sélection de la grille d'analyse comparative (section 4), un questionnaire a été envoyé à des experts en ACV. Leur retour d'expérience a permis de compléter la recherche bibliographique. Le questionnaire était composé de trois questions :

- Lors d'une ACV, sur quels critères vous basez-vous pour sélectionner une méthode d'évaluation des impacts (et/ou des catégories d'impact)?
- Dans votre pratique, avez-vous identifié des lacunes ou problèmes dans les méthodes d'évaluation des impacts (et/ou catégories d'impact)?
- Sur quoi vous basez-vous pour juger de la fiabilité d'une méthode d'évaluation des impacts (et/ou catégories d'impact) ?

La première question visait à mettre en lumière les critères sur lesquels se basent les experts, dans la pratique, pour choisir des méthodes d'évaluation des impacts/catégories d'impact (lors de l'ACVI). La deuxième question voulait identifier des lacunes, concernant les méthodes d'évaluation des impacts/catégories d'impact, qui auraient pu ressortir dans le cadre de la pratique des experts. Enfin, la troisième question visait à obtenir l'impression des experts par rapport à la fiabilité des méthodes d'évaluation des impacts/catégories d'impact, de même que des moyens possibles pour juger de cette fiabilité. Le tableau A3.1 présente les réponses des experts au questionnaire.

Tableau A3.1 Réponses des experts en ACV au questionnaire numéro 1.

Répondant 1 : Sébastien Zinck de l'entreprise Steelcase

Question 1 : Le choix de la méthode se fait principalement sur le critère géographique. Par exemple : nous utilisons plutôt Traci pour les US et plutôt EDIP pour l'Europe. A l'heure actuelle, nous avons de plus en plus de produits communs au niveau mondial. Nous utilisons donc une méthode qui représente assez bien l'échelle mondiale. Les catégories mid-point sont choisies surtout selon la contribution aux résultats des dommages (l'effet de serre étant évidemment toujours indiqué quoi qu'il en soit).

Question 2 : Sans réponse.

Question 3 : Non, je n'en suis pas directement capable à 100%. Je fais pour cela appel à des experts (chercheurs et consultants en ACV).

Répondant 2 : Christian Longet de l'entreprise Parkeon

Question 1 : Dans le cadre de nos applications industrielles, le choix de la méthode est fait sur les critères suivants :

* Universalité de la méthode (méthode partagée et reconnue)

* Ancienneté (1 > récente (ou mise à jour) et éprouvée, 2 > récente non éprouvée, 3> ancienne sans mise à jour récente)

* Garantie de continuité des résultats (dans le cas où un projet a été successivement évalué au cours des années ou dans le cas d'un objectif de comparaison entre produits dont un a déjà été évalué avec une méthode particulière)

* Pertinence et exhaustivité des indicateurs proposés par la méthode :

- les indicateurs couvrent-ils la totalité des impacts supposés ou estimés du produit ?
- les indicateurs sont-ils pertinents avec les objectifs définis pour le projet ?

* Inscription des indicateurs dans la culture et la stratégie de l'entreprise (exemple de la consommation de ressources exprimée soit en kg-éq de matériau rare, soit en surplus d'énergie nécessaire pour l'extraction future = vision différente de la consommation de ressource)

* Présence d'indicateurs Mid et End-point (importants pour la communication en interne).

Ensuite, selon les projets et les objectifs définis au sein de ceux-ci, certains indicateurs peuvent temporairement être mis en exergue (mis en évidence) ou masqués en fonction :

- des objectifs d'amélioration définis pour le projet,
- des phases du projet nécessitant de se focaliser sur tel ou tel impact.
- de la stratégie de communication (interne ou externe).

Question 2 : * Fiabilité et variabilité des méthodes traitant des écosystèmes ou organismes vivants

* Limites d'application des méthodes (problème de la régionalisation)

* Catégories d'impacts spécifiques non présentes (ex consommation d'eau)

Question 3 : Je pense que la façon dont je juge de la fiabilité est tout sauf fiable pour deux raisons :

- * le temps manque pour parcourir la totalité des documentations méthodologiques et les maîtriser.
- * l'hyper-spécialisation des thématiques en particulier dans les domaines faisant appel au "vivant" (écotoxicité, qualité des écosystèmes, etc.).

Répondant 3 : Stéphane Morel de l'entreprise Renault

Question 1 : Choix de catégories d'impact midpoint :

- 1- La stabilité scientifique des facteurs de caractérisation
- 2- L'enjeu du produit étudié/activité globale de la population
- 3- Une diversité qui permet d'aborder toutes les catégories dommages (ressource, climat, écosystème, toxicité humaine)

Question 2 : 1- Trop de divergence sur la toxicité

- 2- Erreurs d'interprétation de l'impact eutrophisation quand celui-ci n'est pas spatialisé, ex.: transport par cargo
- 3- Double comptage du potentiel d'impact des émissions, ex.: les NOX sont comptés pour l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone photochimique... mais une seule et même molécule ne fera pas les trois !

Question 3 : Je ne mesure pas la fiabilité car je n'ai pas la prétention de remettre en cause les travaux de nombreux experts. En tant qu'industriel, je mesure la pertinence de choisir cet indicateur pour mesurer, piloter le progrès et communiquer sur les produits mis sur le marché. Cette pertinence s'entend sur les 3 critères cités à la question 1.

Répondant 4 : Yann Leroy de l'École Centrale Paris

Question 1 : Je demande dans un premier temps si l'entreprise a une stratégie de réduction de ses impacts, auquel cas la méthode de caractérisation doit intégrer ces catégories d'impacts.

2. Je vérifie que les substances identifiées dans le LCI sont prises en compte par la méthode.
3. Enfin je tiens compte également de la future utilisation des résultats et de l'audience (présence ou non d'une fonction single score);
4. Parfois et dans un objectif d'amélioration continue, l'entreprise utilise toujours la même méthode de caractérisation et ce à des fins de comparaison. Ce choix est donc spécifié en amont.
5. Il est préférable d'utiliser les méthodes les plus récentes
6. Enfin certaines méthodes sont représentatives de localités géographiques spécifiques (à prendre en compte)

Question 2 : Certains problèmes sont récurrents : les impacts sont calculés sur la base d'une relation linéaire entre la quantité émise ou consommée et l'intensité de l'impact, ce qui n'est pas réaliste.

Nombre de substances sont encore aujourd'hui non prise en compte faute de connaissance. Il ne s'agit pas d'un problème méthodologique, mais plus d'un manque de connaissance scientifique.

Question 3 : Je pense qu'une telle critique requiert une forte connaissance des modèles utilisés en back office pour déterminer les facteurs d'équivalence et définir les catégories pour lesquelles les substances contribuent.

Répondant 5 : Thomas Dandres du CIRAIG

Question 1 : Je crois que le choix de la méthode dépend des objectifs de l'étude. Entre autres critères, il y a la zone géographique dans laquelle la méthode sera appliquée. On trouve par exemple des méthodes d'évaluation des impacts d'impacts spécifique à l'Europe, les États-Unis ou le Japon. Un autre critère est la qualité de la modélisation des chaînes de cause à effet utilisées pour calculer les impacts sur l'environnement. À ce sujet, je peux dire que la méthode IMPACT2002+ a une bonne réputation et est couramment utilisée en ACV. Idéalement, je pense que le choix de la méthode devrait se faire en connaissance de cause, c'est à dire en étudiant le détail des modèles impliqués dans le calcul des impacts sur l'environnement (cad lire les rapports pour comprendre les tenants et aboutissants de chaque méthode). En particulier, les hypothèses posées (par exemple, l'hypothèse sur la modélisation de l'impact des gaz à effet de serre dans le temps qui peuvent être calculés avec un horizon de 20 ans, 50 ans ou 100 ans) devraient être en accord avec les objectifs de l'étude. Je note qu'il est possible qu'une méthode d'évaluation des impacts soit modifiée pour satisfaire aux besoins de l'étude.

Question 2 : Il y a plusieurs lacunes dans les méthodes d'évaluation des impacts d'impact. Il n'est pas évident de déterminer lesquelles sont les plus importantes, mais je peux citer les problèmes de régionalisation. Bien qu'une méthode soit conçue pour une région donnée, elle ne permet pas de prendre en compte les disparités spatiales à l'intérieur de la région considérée. Or on sait qu'un contaminant émis dans l'environnement aura des impacts différents suivant l'endroit précis où il est émis (par exemple suivant la nature physicochimique du site). Un autre problème est l'omission de l'aspect temporel: les méthodes actuelles traitent les émissions d'un cycle de vie comme si elles survenaient toutes au même moment. Cependant, il est tout à fait possible qu'un contaminant émis à faible concentration pendant une longue durée n'ait pas les mêmes impacts qu'un contaminant émis en grande quantité à un instant donné, et ce même si la masse de contaminant émise dans ces deux cas est la même. Enfin, les méthodes d'évaluation des impacts d'impact souffrent d'incertitude qui peut nuire à la comparaison de deux scénarios (plusieurs sources possibles du fait de la complexité des modèles utilisés et de la qualité des données).

Question 3 : Il ne faut pas perdre de vue que les impacts calculés par les méthodes sont des impacts potentiels et non pas des impacts réels. Il est donc à peu près impossible d'estimer les

impacts réels et donc d'évaluer la précision de la méthode. Ce qui est couramment fait pour estimer la validité des résultats d'une ACV est de recalculer les impacts sur l'environnement avec différentes méthodes et d'interpréter les variations observées. Pour ce qui est de l'évaluation de la méthode d'évaluation des impacts je dirais que l'incertitude sur les résultats, la qualité des modèles de chaînes de cause à effet et la transparence du contenu de la méthode sont des points à prendre en considération.

Répondante 6 : Louise Deschênes du CIRAIG

Un point important ici, on ne devrait pas a priori choisir des catégories d'impact. On devrait faire l'ÉICV avec toutes les catégories d'impact contenues dans la méthode d'évaluation des impacts choisie. Il est vrai que certaines catégories d'impact sont évaluées avec plus de robustesse et moins d'incertitudes que d'autres. Par exemple, les catégories portant sur les impacts globaux tels que le réchauffement global sont calculées avec des modèles qui sont en général reconnus par la communauté scientifique. Pour d'autres catégories d'impact, les modèles ne sont pas toujours au point. Cependant, il faut prendre toutes les catégories d'impact en considération et ensuite tenir compte de toutes les lacunes des modèles utilisés dans l'interprétation des résultats obtenus. C'est la partie la plus importante d'une ÉICV, l'interprétation des résultats, qui doit toujours être transparente. Il faut donc bien connaître l'ÉICV pour pouvoir l'utiliser. Si a priori on sélectionne des catégories d'impact, on peut se retrouver avec des résultats biaisés ex: si une compagnie ne veut pas faire ressortir l'impact important que pourrait avoir ses activités sur l'acidification par exemple, elle pourrait décider d'omettre cette catégorie d'impact dans sa démarche ACV.

Question 1 : On sélectionne une méthode d'évaluation des impacts en fonction de la robustesse de ses modèles de caractérisation et aussi en fonction de la régionalisation e.g. si on est dans un contexte d'Amérique du Nord, on va essayer de ne pas rendre une méthode européenne.

Question 2 : Certainement, il y en a plein c'est pourquoi nous travaillons sur le développement méthodologique (voir notre site internet).

Question 3 : Nous faisons partie du groupe de travail de l'initiative sur le cycle de vie de l'UNEP/SETAC qui a pour mandat d'harmoniser les méthodes existantes. Les différentes méthodes sont donc évaluées et critiquées en fonction de leurs forces et faiblesses et des points d'amélioration sont précisés. Nous travaillons à développer une méthode d'ÉICV globale mondiale qui pourra prendre en compte les spécificités régionales. Cette méthode devra être appropriée pour les utilisateurs du monde entier. En attendant, nous travaillons avec des méthodes qui tiennent compte du contexte géographique et qui possèdent des modèles de caractérisation reconnus par la communauté scientifique.

Répondants 7 : Jean-François Ménard et Manuele Margni du CIRAIG

Question 1 : Nous utilisons au CIRAIG surtout la méthode IMPACT2002+ puisque c'est la méthode que nous connaissons le mieux, ayant accès aux développeurs de celle-ci. C'est une méthode combinée midpoint-endpoint européenne. Elle tient à la fois compte du sort/devenir des substances dans l'environnement (une fois émises) et de leur effet sur les êtres vivants (humains et autres), un critère important à considérer puisque les méthodes plus anciennes (pré-2003) ne tenaient pas aussi bien compte du devenir. Il peut être tentant de ne vouloir choisir que la catégorie du réchauffement global (un bilan ou empreinte carbone) mais ceci cache les déplacements de pollution potentiels et les compromis entre les différents scénarios comparés. Les méthodes existantes combinent déjà plusieurs catégories avec les facteurs de caractérisation associés, avec les outils logiciels disponibles, il est très facile d'obtenir les

résultats pour toutes ces catégories en même temps.

Question 2 : Toutes les méthodes simplifient l'environnement dans leur modélisation de celui-ci, e.g. prise en compte de caractéristiques régionales génériques. Les résultats qu'elles permettent d'obtenir ne représentent ainsi que des potentiels d'impact. Il existe aussi d'importantes incertitudes dans le calcul des facteurs de caractérisation qu'il est par contre difficile de quantifier.

Question 3 : Les méthodes d'évaluation évoluent plutôt rapidement, il s'agit donc d'utiliser les plus récentes et celles qui ont fait l'objet de publication dans des revues scientifiques avec comité de lecture (donc "state-of-the-art" et "peer-reviewed"). Il est par contre très important de tester nos conclusions obtenus avec une méthode en utilisant une (ou plus) autre dans une analyse de sensibilité.

Répondante 8 : Anne Lautier de l'entreprise Ellipsos

Question 1 : Les méthodes EICV sont souvent développées pour une région du monde en particulier: ex: IMPACT 2002+ est une méthode européenne, TRACI est une méthode pour les US. Cela signifie que pour des catégories d'impact régionales ou locales telles que l'acidification ou l'écotoxicité, la modélisation des impacts correspond à un contexte géographique particulier (Europe, US..). Un des critères à retenir pour sélectionner la méthode est donc le contexte géographique de l'étude. Il existe également des méthodes correspondant à une échelle mondiale.

Certaines méthodes sont orienté problèmes (midpoint) (effet respiratoires, couche d'ozone, écotoxicité, acidification...) alors que d'autres vont jusqu'aux dommages (santé humaine, qualité des écosystèmes, changement climatique, ressources). Tout dépend de l'information que vous voulez donner, mais il est généralement avantageux d'avoir une méthode orientée à la fois problème et dommage pour avoir les deux niveaux d'information: niveau problème avec un nombre élevé d'indicateur, mais également un niveau de détail plus important et une incertitude "réduite", et un niveau dommage qui agrège l'information en 3 ou 4 indicateurs (mais l'incertitude est plus élevée)

Question 2 : Généralement, quelle que soit la méthode d'évaluation des impacts, l'incertitude (lacunes, difficultés de modélisation) dépend de la catégorie d'impact considérée. Généralement, les catégories d'impact reliées à la toxicité et l'écotoxicité ont des incertitudes pouvant aller jusqu'à plusieurs ordres de grandeur, notamment due au fait qu'il est très difficile de modéliser le devenir des métaux (toxiques) dans l'environnement. A l'inverse, des catégories comme le changement climatique ont une incertitude très faible (de l'ordre de 10%). Lorsqu'on réalise une ACV comparative, il faut donc faire attention au moment de l'interprétation: la différence entre les scores d'impacts obtenus pour les 2 produits comparés n'est pas nécessairement significative compte tenu de l'incertitude. Dans la pratique on peut généralement considérer que la différence entre les scores d'impact de 2 produits est significative lorsqu'on a un facteur de différence (ratio entre les 2 scores) de :

toxicité - écotoxicité: incertitude très élevée - facteur 10

ozone, eutrophisation smog: incertitude élevée - facteur 2 à 5

effets respiratoires acidification: incertitude moyenne - facteur 1,4

Global warming - ressources incertitude faible - facteur 1.1

Attention, ce sont des règles du pouce, et cela ne correspond pas à des incertitudes absolues, ni à des valeurs que l'on trouve dans la littérature!!! seulement cela peut vous aider à sélectionner les catégories d'impact pour lesquelles les résultats sont significatifs!

Question 3 : Sans réponse.

Répondant 9 : Pascal Lesage du CIRAIG

Je ne suis pas trop certain de comprendre ce que vous voulez dire par "méthode d'évaluation des impacts". J'ai l'impression que vous voulez dire "méthode d'évaluation des impacts", c-à-d une collection de modèles de caractérisation, comme IMPACT 2002+ ou ReCiPe, mais le terme que vous employez renvoie plutôt à "l'approche de calcul des résultats". Je vais répondre en supposant que vous faites référence à la deuxième définition.

Question 1 : Méthode d'évaluation des impacts: J'utilise que des logiciels/algorithms basés sur la méthode matricielle pour éviter les problèmes de tronçonnages associés aux approches dites séquentielles.

Catégories d'impact: Je choisis normalement une méthode qui couvre tous les midpoints principaux et qui modélise jusqu'aux endpoints pour mieux comprendre l'importance relative des midpoints. Si un projet ou un client le demande, je vais chercher des catégories d'impacts supplémentaires non couvertes par la méthode que j'ai choisie (p.ex. eau).

Question 2 : Oui, plusieurs. Ce sont des problèmes connus par contre. Voici une courte liste non exhaustive :

- Problèmes associés à l'utilisation de facteurs génériques qui ne tiennent pas compte des spécificités géographiques OU qui tiennent compte des spécificités de la mauvaise région OU qui tiennent compte des spécificités géographiques alors que nous n'avons aucune idée où auront lieu les émissions (inventaire non spatialisé).

- Problème de prise en compte de la spéciation des métaux

- Problème de prise en compte des aspects temporels

- ...

Vous trouverez plusieurs écrits à ce sujet. Par contre, je pense quand même que l'ACV, et sa phase d'évaluation des impacts restent pertinentes pour sa capacité de tenir compte (tant bien que mal) d'une très large palette de sources et de types d'impact.

Question 3 : L'opinion d'experts en évaluation des impacts du cycle de vie.

ANNEXE 4
QUESTIONNAIRE 2 DESTINÉ À LA COMMUNAUTÉ INTERNATIONALE DE L'ACV

Introduction

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

Merci de participer à cette enquête sur le choix des méthodes de calcul et catégories d'impact dans l'ACV.

Thank you for answering those few questions about LCIA methodologies.

Gracias por participar en esta encuesta sobre la selección de métodos de evaluación y de categorías de impacto para la realización de ACV

Il y a 15 questions dans ce questionnaire.

Note sur la vie privée
Ce questionnaire est anonyme.
L'enregistrement de vos réponses ne contient aucune information d'identification sur vous, à moins qu'une question ne vous ait été posée dans ce sens. Si vous avez répondu à un questionnaire utilisant des invitations, vous pouvez être assuré(e) que le code de l'invitation n'est pas enregistré avec votre réponse. Les invitations sont gérées dans une base de données séparée qui n'est mise à jour que pour indiquer si vous avez ou non utilisé votre invitation pour remplir le questionnaire. Il n'y a aucun moyen de faire le lien entre les invitations et les réponses enregistrées pour ce questionnaire.

[\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 1

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Informations générales
*** Précisez votre fonction :**
Veuillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

?

Doctorant
Consultant
Chercheur
Doctorant
Chargé de mission, responsable ACV (industrie, centre technique, association, etc)
Institution
Autre

[\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 2

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Informations générales
*** Précisez la zone géographique sur laquelle vous réalisez vos ACV (ex: Europe; Amérique Latine, Asie) :**

[\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 3

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts
Combien de méthodes de calcul d'ACV connaissez-vous ?
Cochez la ou les réponses

1
 Entre 2 et 5
 Plus de 5

Reprendre plus tard << Précédent Suivant >> [\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 4

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Dans la liste suivante, classez les méthodes en fonction de la fréquence avec laquelle vous les utilisez. Merci de ne pas affecter de classement aux méthodes non utilisées.

Cliquez sur un élément dans la liste de gauche ci-dessous. Choisissez l'élément le plus important pour finir par le moins important.

<p>Vos choix:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><ul style="list-style-type: none">EDIPEcological ScarcityCumulative Energy DemandCumulative Exergy DemandEcological FootprintIPCCLIMEUse TOXEPS 2000AutresImpact 2002TRACIReCiPeEco indicateur 99CML</div>	<p>Votre classement:</p> <table border="1" style="width: 100%;"><tr><td>1:</td><td></td></tr><tr><td>2:</td><td></td></tr><tr><td>3:</td><td></td></tr><tr><td>4:</td><td></td></tr><tr><td>5:</td><td></td></tr><tr><td>6:</td><td></td></tr><tr><td>7:</td><td></td></tr><tr><td>8:</td><td></td></tr><tr><td>9:</td><td></td></tr><tr><td>10:</td><td></td></tr><tr><td>11:</td><td></td></tr><tr><td>12:</td><td></td></tr><tr><td>13:</td><td></td></tr><tr><td>14:</td><td></td></tr><tr><td>15:</td><td></td></tr></table>	1:		2:		3:		4:		5:		6:		7:		8:		9:		10:		11:		12:		13:		14:		15:	
1:																															
2:																															
3:																															
4:																															
5:																															
6:																															
7:																															
8:																															
9:																															
10:																															
11:																															
12:																															
13:																															
14:																															
15:																															

Cliquez sur les ciseaux à côté de chaque élément à droite pour enlever le dernier choix de la liste

Question 5

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts
Combien de méthodes d'ACVI utilisez-vous ?
Veuillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

Une

Entre 2 et 5

Plus de 5

Sans réponse

Reprendre plus tard

<< Précédent Suivant >>

[Sortir et effacer le questionnaire]

Question 6

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts
Comment choisissez-vous la (les) méthodologie(s) d'évaluation de l'impact que vous utilisez ?
Veuillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

J'utilise toujours la même, celle utilisé durant ma formation en ACV

J'utilise celle qui me parait la plus diffusée, la plus souvent citée dans les travaux que je lis

J'utilise celle qui donne le moins d'indicateurs, si possible un indicateur unique, pour faciliter la prise de décision

J'utilise celle qui donne le résultat le plus complet, qui inclus le plus de catégories d'impact

J'utilise celle dont le manuel est le plus complet, qui décrit le mieux la science incluse dans la méthodologie

J'utilise celle qui me parait la plus actualisée, dont les données sont fréquemment améliorées et agrégées

J'utilise celle qui est la plus spécifique à ma zone géographique

J'utilise celle qui me parait être la plus générale

Je choisis la méthode en fonction d'où est évalué l'impact dans la chaîne cause-effect (midpoint ou endpoint)

Autre

Sans réponse

Reprendre plus tard

<< Précédent Suivant >>

[Sortir et effacer le questionnaire]

Question 7

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Si vous utilisez plusieurs méthodes de calcul lors de l'évaluation de l'impact, comment traitez-vous les différents résultats que vous obtenez ?

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

- Je choisis ceux qui ressemblent le plus à ce que je prévoyais
- Je cherche quels sont les résultats les plus solides grâce à une analyse de sensibilité
- J'utilise les deux résultats pour montrer la fiabilité du calcul
- Je combine les résultats en choisissant les catégories de l'une ou l'autre des méthodes pour obtenir une vue plus complète de la situation
- Autre
- Sans réponse

Reprendre plus tard << Précédent Suivant >> [Sortir et effacer le questionnaire]

Question 8

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Quand vous préparez les rapports, combien de catégories d'impact incluez-vous habituellement ?

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

- une seule
- Entre 2 et 5
- Entre 5 et 10
- Entre 10 et 15
- Plus de 15
- Sans réponse

Reprendre plus tard << Précédent Suivant >> [Sortir et effacer le questionnaire]

Question 9

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Lors de la rédaction des rapports, quelles catégories d'impact incluez-vous systématiquement ?

Reprendre plus tard << Précédent Suivant >> [Sortir et effacer le questionnaire]

Question 10

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PHD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Lors de la rédaction des rapports, quelles catégories d'impact incluez-vous fréquemment ?

 [\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 11

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PHD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Lors de la rédaction des rapports, quelles catégories d'impact n'incluez-vous que rarement ?

 [\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 12

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PHD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Quelles catégories d'impact vous semble-t-il important de développer ? (par exemple, utilisation des sols, consommation d'eau, toxicité, etc)

 [\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 13

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Quelles catégories d'impact vous semblerait-il important d'inclure aux méthodes que vous utilisez et qui ne le sont pas encore ? (par exemple, bruit, dégradation du paysage, odeur, etc)

 << Précédent Suivant >> [\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

Question 14

Survey on LCIA methodologies

L'objectif de cette enquête est d'identifier les critères qui sont utilisés par les experts (consultants, chercheurs, doctorants, etc) pour choisir les méthodes de calcul et les catégories d'impact dans la réalisation des études d'ACV.

The goal of this survey is to identify the criteria used by experts, (consultants, researchers, PhD students, etc) to chose LCIA methodologies and to select impact categories for their LCA studies.

El objetivo de la encuesta es de identificar los criterios que utilizan los expertos, investigadores, consultores, profesionales de la industria, estudiantes de doctorado, etc, para elegir los métodos de evaluación de impactos en ACV y las categorías de impacto que incluyen en sus estudios de ACV:

0% 100%

Français ▾

Choix des méthodes de calcul et catégories d'impacts

Quelle confiance accordez-vous aux résultats de l'étape d'évaluation des impacts du cycle de vie ?

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

- Très faible
- Faible
- Moyenne
- Grande
- Très grande
- Sans réponse

 << Précédent Envoyer [\[Sortir et effacer le questionnaire\]](#)

ANNEXE 5
CYCLE DE VIE GÉNÉRIQUE D'UN PRODUIT TEXTILE

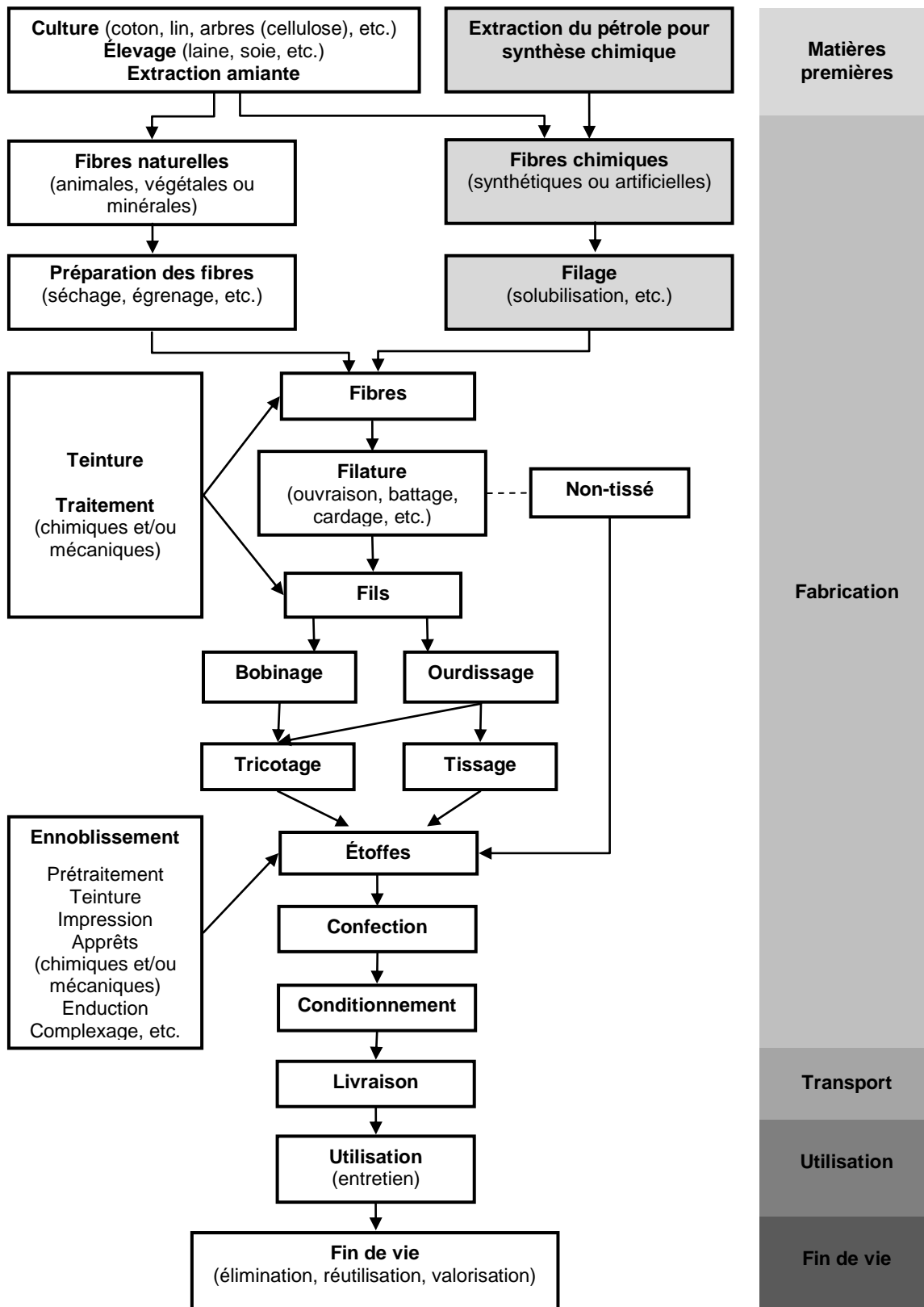


Figure A5.1 Cycle de vie générique d'un produit textile (modifiée de Commission européenne, 2003, p. 15)

ANNEXE 6
VUE COMPLÈTE DE L'INTERFACE DE L'OUTIL D'AIDE, QUESTIONNAIRE B -
AMÉRIQUE DU NORD

QUESTIONNAIRE B - AMÉRIQUE DU NORD

INSTRUCTIONS

Pour la ou les réponse(s) correspondant à votre situation, sélectionner "OUI" dans les menus déroulants adjacents à chaque réponse (cellules orange).

Pour les réponses qui ne s'appliquent pas à votre situation, laisser la cellule vide.

Si vous choisissez "OUI" par erreur, sélectionner la cellule et enfoncer la touche "Delete".

IMPORTANT: plusieurs réponses peuvent être sélectionnées pour une même question.

Les résultats seront automatiquement calculés en fonction de vos réponses (cellules jaunes au bas de l'outil). Les résultats présentent deux niveaux :

1) L'outil recommande une méthode d'évaluation des impacts pour chaque catégorie d'impact donnée (ligne 84).

2) L'outil hiérarchise les dix catégories d'impact (ligne 86). Si vous devez utiliser moins de dix catégories d'impact pour votre étude d'ACV, vous pourrez éliminer en priorité les catégories d'impact ayant obtenu les scores les plus bas.

Catégories d'impact	Changement climatique		Dépétion de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique		Utilisation du territoire		Consommation des ressources naturelles		Consommation des ressources en eau		
	TRACI (GWP ₁₀₀)	LUCAS (GWP ₁₀₀)	TRACI (ODP)	LUCAS (ODP)	LUCAS (-)	TRACI (-)	USEtox (CTUh)	TRACI (HTP)	USEtox (CTUe)	LUCAS (-)	LUCAS (-)	TRACI (-)	LUCAS (-)	TRACI (EP)	TRACI (Land Use Index)	LUCAS (biodiversité, LSF)	LUCAS (-)	TRACI (Fossil Fuel Index)	Swiss Eco-scarcity (distance to target)	ReCiPe (WDP)	
Q1A - Quelle est l'application envisagée des résultats de l'ACV (raison conduisant à réaliser l'ACV)?																					
R1A1 - Comparer des scénarios/produits/secteurs (interne et/ou externe)	OUI				1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	
R1A2 - Affirmation comparative divulguée au public	OUI																				
R1A3 - Recueillir de l'information sur un produit existant (points forts/faibles, benchmark, etc.)																					
R1A4 - Planification stratégique																					
R1A5 - Développement de produits																					
R1A6 - Ecoconception (réduire les impacts environnementaux d'un produit)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R1A7 - Choix technologique																					
R1A8 - Déclaration environnementale de produit (écotagel, certification)																					
R1A9 - Se conformer à la législation et/ou autres exigences	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R1A10 - Surveillance (monitoring) des impacts d'un produit/secteur/industrie																					
R1A11 - Développement de législations/politiques environnementales																					
Q2A - À qui seront communiqués les résultats de l'ACV (public visé)?																					
R2A1 - Public (consommateurs, collectivités, etc.)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R2A2 - Producteur (à l'interne, sous-traitants, B2B, cahier de charges, etc.)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R2A3 - Gouvernement																					
R2A4 - À des experts en ACV uniquement (interne et/ou externe)																					
R2A5 - À des experts en ACV et non-experts (interne et/ou externe)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R2A6 - À des non-experts uniquement (interne et/ou externe)																					
Q3A - Qui utilisera l'ACV à l'intérieur?																					
R3A1 - La direction	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R3A2 - Expert ACV	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R3A3 - Ingénieur	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R3A4 - Responsable environnement	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R3A5 - Designer	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R3A6 - Équipe marketing	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
Recommandations préliminaires du JRC																					
1																					
Q4A - Quel est le type de textile fabriqué/utilisé?																					
R4A1 - Fibre naturelle d'origine végétale	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R4A2 - Fibre naturelle d'origine animale																					
R4A3 - Fibre naturelle d'origine minérale (ex: amiante)																					
R4A4 - Fibre chimique synthétique																					
R4A5 - Fibre chimique artificielle																					
R4A6 - Fibre chimique d'origine inorganique (fibre de verre, fibre de carbone, etc.)																					
Q5A - Quel étape de fabrication du textile est réalisée?																					
R5A1 - Filature (incluant le bobinage/lourdissage)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R5A2 - Tissage et/ou tricotage et/ou non-tissé	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R5A3 - Lavage/blanchissage/séchage	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R5A4 - Teinture	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R5A5 - Impression																					
R5A6 - Appréts mécaniques (rasage, gaufrage, plissage, etc.)																					
R5A7 - Appréts chimiques (hydrofuge, antitache, antistatique, ignifuge, etc.)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R5A8 - Enduction (couche de polymère)/laminage																					
R5A9 - Confection (coupe, couture, etc.)																					
Q6A - Quel(s) type(s) de législation s'applique(nt) à votre entreprise et/ou quel(s) secteurs de l'environnement désire-t-elle protéger en priorité (système de gestion environnementale, politique environnementale interne)?																					
R6A1 - Émission de GES	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R6A2 - Pollution de l'air	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R6A3 - Pollution de l'eau (rejet d'eaux usées)	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R6A4 - Consommation d'eau	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R6A5 - Utilisation de produits toxiques	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R6A6 - Consommation de ressources non renouvelables	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R6A7 - Énergie	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
Q7A - Souscrivez-vous à un écolabel pour le textile? Si oui, lequel?																					
R7A1 - Der Blaue Engel - RAL-UZ 154 Textiles (dommées non disponibles)																					
R7A2 - Bluesign																					
R7A3 - EU Ecolabel (label de l'Union Européenne)																					
R7A4 - Global Organic Textile Standard																					
R7A5 - Nordic Ecolabel																					
R7A6 - Oeko-Tex 100	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
R7A7 - Oeko-Tex 1000	OUI		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
Nombre de fois que la catégorie d'impact est citée dans la littérature																					
6		3		2		5		5		4		5		2		4		3			
ReCiPe (GWP ₁₀₀)		CML 2002 (GWP ₁₀₀)		CML 2002 (ODP)		ReCiPe (POCP)		USEtox (CTUh)		ReCiPe (FETP; METP)		CML 2002 (AP)		ReCiPe (TAP)		ReCiPe (FEP; MEP)		CML 2002 (EP)		ReCiPe (ALOP; ULOP; NLTP)	
10		0		0		2		11		3		10		2		10		2		10	
10		0		0		2		11		3		10		2		10		2		10	
ReCiPe		CML 2002		CML 2002		ReCiPe		USEtox		USEtox		CML 2002		ReCiPe		ReCiPe		ReCiPe		Swiss Eco-scarcity	
Totaux par méthode d'évaluation des impacts																					
Méthode d'évaluation des impacts à favoriser par catégorie d'impact																					
Changement climatique		Dépétion de la couche d'ozone		Formation de smog photochimique		Toxicité humaine		Écotoxicité aquatique		Acidification		Eutrophisation aquatique		Utilisation du territoire		Consommation des ressources naturelles		Consommation des ressources en eau			
23		15		21		27		28		20		24		13		16		20			

NOTE IMPORTANTE : Il est recommandé d'utiliser toutes les catégories d'impact. Si vous devez en mettre de côté, éliminer en priorité les catégories d'impact ayant obtenu les scores les plus bas. Si l'ACV est pour un textile naturel (animal, végétal et minéral), conserver la catégorie d'impact "Utilisation du territoire"; si l'ACV est pour un textile chimique (synthétique, artificiel et inorganique), vous pouvez éliminer cette catégorie d'impact.

Figure A6.1 Vue complète de l'interface de l'outil d'aide, questionnaire B – Amérique du Nord.