

Synthèse

INDICATEURS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAUX EN ACV :
ÉTAT DE L'ART, RETOUR D'EXPERIENCES ET RECOMMANDATIONS

Guide à l'intention des praticiens ACV - final

Novembre 2014

Responsables scientifiques :

- Céline Alexandre, Alexis Gérard
RDC Environment - 57, avenue Gustave Demey - 1160 Bruxelles



- Mark Goedkoop, Tommie Ponsioen
PRé Consultants - Stationsplein 121 - 3818 LE Amersfoort - The Netherlands



L'association SCORE LCA est une structure d'étude et de recherche dédiée aux travaux relatifs à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) et à la quantification environnementale. Elle vise à promouvoir et à organiser la collaboration entre entreprises, institutionnels et scientifiques afin de favoriser une évolution partagée et reconnue, aux niveaux européen et international, de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie et de sa mise en pratique.

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr
- ✓ Les points de vue et recommandations exprimés dans ce document n'engagent que les auteurs et ne traduisent pas nécessairement, sauf mention contraire, l'opinion de l'ensemble des membres de SCORE LCA.
- ✓ Les informations et les conclusions présentées dans le présent document ont été établies au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

I. Introduction

L'évaluation de l'impact du cycle de vie ne traite que des problèmes environnementaux identifiés dans les objectifs et le champ de l'étude. Par conséquent elle n'est pas une évaluation complète de tous les problèmes environnementaux. Le choix des catégories d'impact est donc une étape importante lors de la réalisation d'une Analyse de Cycle de Vie. Le praticien y est confronté au souci d'être à la fois complet et efficace dans l'évaluation.

Vu la diversité des modèles de caractérisation pouvant être associés à une même catégorie d'impact, le praticien rencontre aussi des difficultés dans la sélection de ces modèles. Plusieurs critères peuvent alors guider son choix dans le cadre de son étude : la robustesse scientifique des méthodes, l'adéquation avec les données d'inventaire disponibles, la pertinence par rapport à la problématique environnementale locale, etc. En outre, des documents de guidance voient le jour pour aider les praticiens et augmenter la comparabilité des études. Mais la tâche reste complexe.

Cette étude vise donc à guider le praticien dans le choix et l'interprétation des indicateurs de catégories d'impact. Pour élaborer des recommandations, un état de l'art des catégories et méthodes utilisées en ACV a été dressé et les documents de référence ont été analysés. L'état de la pratique a en outre été analysé sur base d'une enquête réalisée auprès de plus de 100 acteurs.

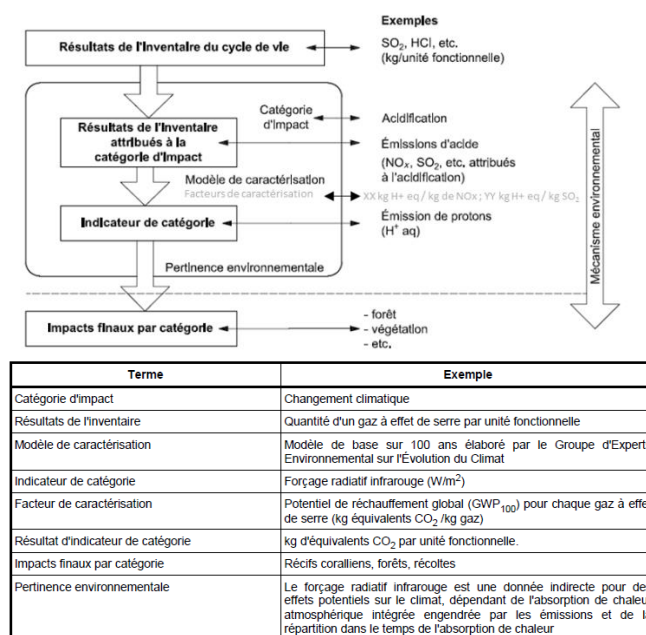
Cette synthèse résume les apports de ces différentes approches et présente les recommandations, points d'attention et perspectives auxquels l'étude a abouti. L'ultime paragraphe reprend un logigramme aidant le praticien à la décision.

II. La terminologie

Chaque catégorie d'impact dispose de son propre mécanisme environnemental. Les modèles de caractérisation reflètent alors le mécanisme environnemental en décrivant la relation entre les résultats de l'Inventaire de Cycle de Vie (ICV), les indicateurs de catégorie et, dans certains cas, les impacts finaux (endpoint) par catégorie.

La Figure 1. illustre les concepts d'indicateurs de catégorie d'impact ou d'impacts finaux basés sur un mécanisme environnemental (les catégories d'impact «acidification de l'air» et « changement climatique » sont utilisées comme exemple).

Figure 1 : Illustration de la terminologie pour l'exemple de la catégorie d'impact acidification de l'air et changement climatique (Source : ISO 14 044 : 2006)



Selon la richesse des publications scientifiques et le consensus international, il peut exister plusieurs modèles de caractérisation pour une catégorie d'impact unique.

III. . Analyse des indicateurs d'impact

Ce chapitre du rapport permet aux praticiens ACV de comprendre les avantages et les limites de chaque méthode.

La portée de l'analyse consiste à évaluer les méthodes existantes pour 12 catégories d'impact environnemental différentes reprises par : 4 méthodes mono-indicateurs et 8 méthodes multi-indicateurs. Cela inclut les développements les plus récents dans le cadre de la méthode LC-IMPACT. La plupart des travaux ont été basés sur:

- « Recommendations for life cycle impact assessment (LCIA) in the European context » publié dans « ILCD Handbook (European Commission, 2011) » ;

- « Recommended assessment framework, characterisation models and factors for environmental impacts and resource use (Dong et al, 2013) » publié dans le cadre du « FP7 funded project PROSUITE » ;
- Une vaste consultation des parties prenantes qui a eu lieu dans le cadre de ce projet.

Les méthodes et modèles de caractérisation existants ont été évalués selon les critères suivants (adaptés du Manuel ILCD; Commission européenne, 2010) ont donc été utilisés pour l'analyse présentée dans le fichier Excel:

- Pertinence environnementale – pertinence des mécanismes couverts ;
- Complétude du champ – nombre de flux élémentaires couverts ;
- Reconnaissance de la robustesse scientifique – robustesse et fiabilité des modèles ainsi que reproductibilité; les principales limites des méthodes les unes par rapport aux autres seront identifiées. Le terme définit ici la reconnaissance des experts ACV pour ces méthodes. Mais d'autres modèles/méthodes d'évaluation des impacts (autres que selon la méthode d'ACV) peuvent avoir une meilleure robustesse scientifique dans l'absolu pour décrire les impacts.
- Documentation, transparence, reproductibilité – publication de la documentation, accessibilité, possibilité pour des tierces personnes de reproduire les calculs ;
- Applicabilité : facilité d'application (ex : méthodes implémentées ou non dans les logiciels) ;
- Degré d'acceptation par les parties prenantes et facilité de la communication dans le contexte des entreprises ou des politiques.

Les recommandations proposées à la suite de cette analyse sont de deux sortes :

- **Des recommandations et perspectives générales ;**

Recommandation 1 : Le praticien ACV doit être prudent lors de l'utilisation d'un set de méthodes provenant de différentes sources / auteurs

Les praticiens ACV doivent être très prudents lorsqu'ils utilisent un set de méthodes qui est compilé à partir de plusieurs autres méthodes.

En général, les développeurs de méthodes ont mis beaucoup d'efforts dans la création d'un ensemble cohérent d'indicateurs d'impact sans grands chevauchements ou lacunes et ont veillé à atteindre le plus haut niveau de cohérence en ce qui concerne, par exemple, les choix méthodologiques.

Recommandation 2 : Le praticien ACV doit être prudent lors de l'utilisation d'un set de méthodes provenant d'une même source ou d'un même auteur

Dans le même temps, le choix des méthodes par indicateur d'impact, comme l'a fait ILCD, montre qu'aucun concepteur de méthode ne peut être le meilleur pour tous les indicateurs d'impact environnementaux. Cela implique dès lors que lorsqu'on utilise une méthode unique pour l'ensemble des indicateurs, celle-ci ne soit pas la plus à jour/robuste pour l'ensemble des impacts.

Recommandation 3 : Si le temps disponible pour réaliser l'étude le permet, mieux vaut procéder à la production et à l'analyse des résultats avec un double set de méthodes : (i) set de méthodes unique, (ii) set de méthodes différentes

L'interprétation des résultats à la lumière de deux sets de méthodes permet de tirer des conclusions qui convergent sur base de l'analyse des résultats sous les deux angles et de conclure avec plus de précautions sur les éléments qui divergent.

Les conclusions qu'il est possible de tirer de cette analyse combinée sont :

- L'identification des étapes du cycle de vie les plus contributrices ;
- L'identification des procédés les plus contributeurs ;
- L'identification des flux élémentaires les plus contributeurs.

Cela permet ainsi de cibler les pistes d'écoconception avec plus de fiabilité que lorsqu'on utilise un seul set de méthodes.

Perspectives 1 : Le JRC ISPRA travaille à de nouvelles recommandations pour certains indicateurs d'impact environnementaux pour fin 2015

Le JRC ISPRA conscient des limites actuelles des recommandations formulées dans le document ILCD travaille actuellement à l'élaboration de nouvelles recommandations pour 3 à 5 indicateurs d'impact. Ces recommandations se baseront sur les nouveaux développements ayant eu lieu ces 5 dernières années et concerneront notamment l'épuisement de l'eau et l'épuisement des ressources fossiles et minérales.

Perspectives 2 : Un grand atelier sera organisé à l'initiative du SETAC afin de déterminer un cadre d'orientation générale pour l'évaluation des impacts environnementaux.

Pour l'avenir, nous avons l'espoir que le processus d'alignement global actuellement entrepris par le PNUE initiative LC SETAC apportera plus de cadre et de clarté sur ce sujet.

- **Les recommandations sur le choix des méthodes de caractérisation issues des publications scientifiques les plus à jour : ILCD et PROSUITE.**

« INDICATEURS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAUX EN ACV »

- Le Tableau 1 reprend les méthodes recommandées pour les effets intermédiaires pour les différents indicateurs d'impact environnementaux.

Tableau 1: Méthodes recommandées pour les effets intermédiaires

Category	ILCD Handbook midpoint	PROSUITE midpoint
Climate change	IPCC GWP100	IPCC GWP100
Ozone depletion	WMO100	WMO100
Human toxicity	USEtox	USEtox
Particulate matter	Humbert et al 2009	Humbert et al 2011
Ionising radiation	Frischknecht et al. (2000)	Frischknecht et al. (2000)
Photochemical formation	ozone ReCiPe	ReCiPe
Acidification	Accumulated Exceedance	Accumulated Exceedance
Eutrophication (terrestrial)	Accumulated Exceedance	Accumulated Exceedance
Eutrophication (aquatic)	ReCiPe	ReCiPe
Ecotoxicity	USEtox	USEtox
Land occupation/transformation	Mila i canals et al. 2007	Mila i canals et al. 2007
Water scarcity	Ecological scarcity	Pfister et al 2009
Abiotic resource scarcity	CML (reserve base)	CML (not specified)

- Le Tableau 2 reprend les méthodes recommandées pour les effets finaux pour les différents indicateurs d'impact environnementaux.

Tableau 2 : Méthodes recommandées pour les effets finaux

Category	ILCD Handbook endpoint	PROSUITE Endpoint
Climate change (not freshwater)	None	ReCiPe
Climate change (freshwater)	None	LC-IMPACT
Ozone depletion	ReCiPe interim	ReCiPe
Human toxicity	USEtox/Huijbregts	USEtox/Huijbregts
Particulate matter	ReCiPe adapted	LC-IMPACT

Ionising radiation		None	Frischknecht et al. (2000)
Photochemical formation	ozone	ReCiPe	LC-IMPACT
Acidification		ReCiPe interim	LC-IMPACT
Eutrophication (aquatic)		ReCiPe interim	LC-IMPACT
Ecotoxicity (freshwater)		None	USEtox/ReCiPe
Land occupation/transformation		ReCiPe interim	LC-IMPACT
Water scarcity		None	Pfister et al 2009
Abiotic resource scarcity		ReCiPe interim	LC-IMPACT

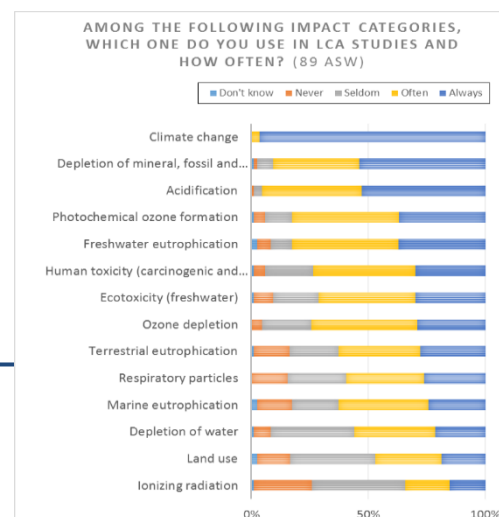
IV. Les résultats de l'enquête auprès des praticiens

Un état de la pratique ACV a été effectué, basé sur une enquête web anonyme. Le panel de répondants est de **110 personnes** ventilées majoritairement en 3 profils : les universitaires/chercheurs ; les consultants ; les praticiens ACV au sein d'entreprise. Plusieurs thématiques ont été abordées :

- **Utilisation des catégories d'impact et étape de sélection :**

- 90 % des répondants jugent importante cette étape de sélection. A contrario environ 10 % ne s'attardent pas sur l'étape de sélection dans la mesure où des référentiels les guident.
- Environ 45 % des 110 interrogés ont tenté de proposer un nombre minimal de catégories d'impact à étudier. Ce seuil minimal se situe entre 3 et 5 catégories d'impact. Ils se justifient fréquemment par la volonté d'avoir un rapport cohérent entre la facilité de lecture et de compréhension de l'ACV et l'approche multicritère de l'ACV qu'il faut préserver.

- Les 5 catégories d'impact toujours ou fréquemment étudiées par plus de 80% des praticiens sont (par ordre décroissant) :
 - Le changement climatique ;
 - L'appauvrissement des ressources minérales et/ou fossiles ;
 - L'acidification de l'air ;



- L'eutrophisation (des eaux douces) ;
- La formation d'ozone photochimique.

Inversement, les 3 catégories jamais ou peu reprises par plus de 50 % des praticiens sont (par ordre décroissant) :

- Les radiations ionisantes ;
 - L'utilisation des sols ;
 - L'appauvrissement de la ressource eau.
- Les 2 critères éclairant l'étape de sélection des catégories d'impact largement mis en avant par l'enquête sont :
 - Les objectifs de l'étude ;
 - Les problématiques environnementales spécifiques du système étudié.

- **Sélection des méthodes de caractérisation d'impacts et de leurs indicateurs :**

- Les méthodes « globales » CML et ReCiPe sont les plus utilisées, alors qu'Impact 2002 + est reprise moins fréquemment. Les praticiens piochent principalement dans ces deux méthodes globales en fonction des catégories d'impact à évaluer ;
- De plus, cette analyse nous livre quelques tendances strictes :
 - Pour l'effet de serre, la méthode IPCC 2007 est quasiment l'unique utilisée (elle est reprise par les méthodes « globales » CML, ReCiPe, ...)
 - Pour l'eutrophisation terrestre et la consommation de ressources, seule la méthode CML est fréquemment utilisée ;
 - Pour la toxicité humaine et l'écotoxicité, USEtox est la méthode reconnue ;
 - Pour l'utilisation des sols, la méthode proposée par ReCiPe est la plus utilisée ;
 - Il y a une égalité remarquable (mais basée sur un petit échantillon) pour les méthodes traitant de la consommation d'eau : Pfister et Frischknecht.

	répondants	Choix 1	Choix 2	Choix 3	Choix 4	Choix 5
--	------------	---------	---------	---------	---------	---------

« INDICATEURS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAUX EN ACV »

Climate change	82	IPCC 2007				
		97.6%				
Ozone depletion	68	ReCiPe	CML - IA	EDIP		
		60%	53%	6%		
Air acidification	66	CML-IA	ReCiPe	IMPACT 2002+	EDIP	
		53%	50%	21%	6%	
Freshwater eutrophication	67	ReCiPe	CML-IA	USEtox	IMPACT 2002+	EDIP
		54%	34%	24%	18%	5%
Respiratory particles	59	ReCiPe	CML-IA	IMPACT 2002+	Riskpoll	
		59%	37%	31%	9%	
Marine eutrophication	58	ReCiPe	CML-IA	USEtox	IMPACT 2002+	EDIP
		50%	38%	21%	21%	5%
Terrestrial eutrophication	52	CML-IA	EDIP			
		92%	12%			
Depletion resources	36	CML-IA	ReCiPe	IMPACT 2002+	EDIP	
		81%	33%	25%	6%	
Ecotoxicity (freshwater)	36	USEtox	ReCiPe	CML-IA	IMPACT 2002+	EDIP
		56%	33%	33%	19%	0%
Human toxicity	36	USEtox	CML-IA	ReCiPe	IMPACT 2002+	EDIP
		56%	39%	36%	22%	0%
Photochemical ozone formation	34	ReCiPe	CML-IA	IMPACT 2002+	EDIP	
		59%	47%	18%	0%	
Ionizing radiation	25	ReCiPe	CML-IA	IMPACT 2002+		
		60%	40%	16%		
Land use	23	ReCiPe	IMPACT 2002+	Soil organic matter		
		83%	22%	13%		
Depletion of water	13	Pfister	Frischknecht			
		54%	54%			

- Les 5 critères influençant particulièrement¹ la sélection de méthodes de caractérisation sont (classés par ordre décroissant) :
 - La robustesse scientifique des modèles ;
 - Les recommandations de texte de références (ex : ILCD, PCR,...) ;
 - L'âge de la méthode
 - La disponibilité de la méthode dans le logiciel ACV ;
 - La cohérence entre la complétude de l'inventaire réalisé et la méthode de caractérisation.

A l'inverse : La disponibilité de facteurs régionalisés, ainsi que les facteurs de normation, ne sont que des critères secondaires et peu déterminants dans les choix des méthodes de caractérisation.

¹ Rassemblant un minimum de 75% de note « influence largement » ou « influence ».

- L'enquête a également permis d'identifier certaines pratiques de **modification des méthodes et modèles de caractérisation** :
 - 47 praticiens affirment traiter / modifier les méthodes de caractérisation ou les données d'ICV dans leur logiciel ACV. Les raisons évoquées sont :
 - Des écarts de noms ou de complétude entre les listes de flux d'inventaire et les listes de facteurs de caractérisation. Par exemple, des praticiens ajoutent un (des) facteur(s) de caractérisation pour appréhender le flux carbone biogénique ;
 - Modifier les facteurs de caractérisation pour les rendre spécifiques de la région étudiée (régionalisation).
 - 50 praticiens ont ainsi mis à jour ou mis en œuvre une méthode de caractérisation avec des motivations très variables :
 - Rectifier des erreurs de mise en œuvre ou des manques (notamment pour les méthodes USEtox) ;
 - Séparer les émissions à long terme et les émissions à court terme ;
 - Mettre à jour des facteurs de caractérisation suite à de nouvelles publications ou des propositions d'experts (ex : IPCC pour le changement climatique) ;
 - Ajouter des méthodes pour de nouvelles catégories d'impact ou agréger des flux : méthodes compatibles avec la réalisation de FDES, indicateur d'odeur, indicateur de déchets, ...
 - Le tableau ci-après propose l'ensemble des indicateurs de flux que peuvent proposer les praticiens.

Energy consumption or cumulative energy demand	Water inventory (input/output) or more complex water footprint indicators
Smelling	costs,
Waste generation	Hazardous waste generation
stock creation of resources	Sometimes we add worker health.
Pfister for water	Radioactive waste (if ionizing radiations not included in the set)
Biotic Resource Use	Nitrogen flow (agricultural product)

- **Utilisation et sélection de catégories d'impact endpoint**
 - Les catégories d'impact endpoint sont utilisées fréquemment car environ 40% des praticiens disent les utiliser toujours à fréquemment et seulement 20 % ne les utilisent jamais.
 - Dès lors que des catégories d'impact endpoint sont utilisées, une grande majorité de praticiens utilisent (75% disent fréquemment ou toujours) également les catégories d'impact midpoint.
 - Les méthodes de caractérisation les plus utilisées sont (par ordre décroissant d'utilisation) :

- ReCiPe ;
- IMPACT 2002+ ;
- EcoIndicator 99.
- Les autres méthodes (LC Impact, EPS 2000, LIME, Ecological scarcity 2006) ne sont utilisées qu'occasionnellement.

V. Les exigences et recommandations des textes de guidance et des normes ISO

- **L'objectif des catégories d'impact et de leurs indicateurs est de condenser, expliquer les résultats d'ICV**

Les catégories d'impact et leurs indicateurs permettent de mieux appréhender et comprendre la résultante et les conséquences que peuvent avoir l'inventaire de cycle de vie d'un produit sur l'environnement. Les catégories d'impact et leurs indicateurs condensent et expliquent les résultats d'ICV.

- **La sélection des catégories d'impact intermédiaires et endpoint, de leurs indicateurs ainsi que des méthodes de caractérisation associées est une étape obligatoire à réaliser.** Elle doit être coordonnée avec les autres étapes de l'ACV, dans le cadre du processus itératif.

Dès lors qu'une ACV fait appel à des catégories d'impact (pas obligatoire, une ACV peut proposer simplement un ICV), les éléments suivants sont obligatoirement définis au sens de la norme ISO 14 044 : 2006 :

- La description de la sélection des catégories d'impact, des indicateurs, des sets de modèles de caractérisation associés ;
 - Mais également les données d'ICV que les catégories d'impact vont analyser, en d'autres termes les flux élémentaires associés aux méthodes de caractérisation ;
 - L'identification de l'impact final associé.
- **Lors de ces travaux de sélection, plusieurs autres points obligatoires existent :**
 - Il doit exister une cohérence avec l'objectif de l'étude ACV ;
 - La sélection doit également refléter un set d'enjeux environnementaux propres au système étudié et au champ de l'étude ;
 - Les travaux de sélection doivent être justifiés et documentés dans le rapport ACV et des noms précis, justes et descriptifs doivent être utilisés.
 - A la suite des préconisations précédentes, obligatoires au sens de la série de normes ISO 14 040's, **d'autres recommandations sont proposées avec plus de souplesse** (au sens du mot anglais *should* par opposition au mot *shall*) :

- Utiliser des indicateurs, catégories d'impact et modèles de caractérisation acceptés et partagés au niveau international, par une organisation reconnue comme compétente. Nous pouvons citer : UNEP, SETAC, JRC ;
 - Les choix de valeurs ou arbitraires et les hypothèses doivent être minimisés lors de la sélection des catégories d'impact, de leurs indicateurs et des modèles de caractérisation ;
 - La sélection doit permettre d'identifier les doubles comptes (sauf si explicitement recommandé vis-à-vis des objectifs de l'étude), par exemple si les molécules ont des impacts potentiels successifs, tels les métaux lourds. En effet ceux-ci ont des impacts sur l'écotoxicité et, lorsqu'ils entrent dans la chaîne alimentaire, ont également un rôle sur la santé humaine ;
 - Les indicateurs retenus sont pertinents par rapport aux enjeux environnementaux. On peut par exemple fréquemment se questionner sur la catégorie d'impact traitant de l'appauvrissement de la couche d'ozone lorsque le système étudié n'est pas particulièrement contributeur (émetteur de CFC,..). En effet, cette problématique environnementale tend à être résolue avec les actions déjà prises ces dernières années (résolution définitive à long terme, vers 2030).
- **Les simplifications, hypothèses et/ou choix de valeur réalisés dans les modèles de caractérisation influencent fortement l'utilité d'un indicateur** (notamment pour la prise de décision que permet l'ACV).
 - Les modèles de caractérisation sont souvent **un compromis entre la simplification et la précision de la complexité des mécanismes environnementaux**. Ainsi les recommandations et qualifications proposées par JRC 2011² sont très utiles pour trier les indicateurs de catégories d'impact réellement utiles pour la prise de décision par rapport aux simplifications, hypothèses et choix de valeur.
 - **Les modèles de caractérisation permettant la différenciation spatiale et temporelle des facteurs de caractérisation ainsi que la régionalisation de l'ICV sont à prioriser.**
 - **Aide pragmatique à la sélection**

Les normes ISO 14 040-44 ne proposent que des règles génériques et difficilement applicables pour chaque ACV. Il est donc préférable que les évaluations et synthèses permettant d'éclairer le praticien lors de la sélection soient réalisées plus largement. C'est par exemple l'objectif :

- Des travaux du JRC en 2011 via la publication du Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context – JRC : 2011 ;

² Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context –JRC: 2011

- Des règles par catégories de produits (PCR : Product Categories Rules) telles que : NF EN 15 804 : 2012 ou le PCR du programme PEP ecopassport : 2012, le BP X 30-323-0 : juin 2011.
- **Limites pertinentes à rappeler lors d'une évaluation ACV :**
 - L'ACV ne traite que des problèmes environnementaux identifiés dans les objectifs et le champ de l'étude. C'est pourquoi **l'ACV n'est pas une évaluation complète de tous les problèmes environnementaux du système de produits étudié** ;
 - Le manque de dimensions spatiales et temporelles dans les résultats d'inventaire du cycle de vie (très fréquent) introduit de l'incertitude dans les résultats de l'ACV. L'incertitude varie selon les caractéristiques spatiales et temporelles de chaque catégorie d'impact.
- Lors de la phase de classification des flux élémentaires contribuant à un indicateur de catégorie d'impact (ou lors de l'interprétation des résultats ACV et de cette classification), **le praticien ACV veille à distinguer, pour les flux de l'ICV contribuant, les mécanismes environnementaux en parallèle, des mécanismes en série.**

Par exemple, le flux SO₂ est réparti pour les indicateurs traitant de la santé humaine et de l'acidification de façon parallèle (sans interaction entre les deux mécanismes environnementaux, qui sont non-cumulatifs). Alors que les NO_x peuvent être classifiés comme contribuant à la fois à la formation de l'ozone troposphérique et à l'acidification via un mécanisme environnemental en série.

VI. L'influence du choix des modèles de caractérisation

Plusieurs publications visent à appliquer différentes méthodes d'évaluation d'impacts au sein d'une même étude. Le but est de comparer les résultats obtenus et d'évaluer l'influence du choix des méthodes de caractérisation sur les conclusions de l'étude.

- La publication de Weidema (2014)³ met en évidence les risques associés à l'intégration de nouvelles méthodes :
 - Quelques hypothèses cruciales justifient la plus grande partie des différences observées, par exemple la non-substituabilité des ressources dans ReCiPe 2008. Ces hypothèses doivent donc être en particulier validées ;

³ Weidema. Comparing Three Life Cycle Impact Assessment Methods from an Endpoint Perspective, Journal of Industrial Ecology, published online: (2014)
Renou et al. Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA. J Clean Prod 16:1098–1105 (2008)

- Des erreurs résiduelles dans les méthodes peuvent subsister.
- L'article d'Owsianiak (2014)⁴ s'attache à identifier la source des différences observées parmi les trois causes possibles :
 - Des différences de modèles de caractérisation ;
 - Des différences dans la couverture des substances ;
 - Des erreurs d'implémentation dans les logiciels.

En fonction des méthodes comparées, les trois types de contributions ont été rencontrés. Il en ressort les recommandations suivantes :

- Pour les catégories posant problème, des différences importantes entre méthodes ont été identifiées au niveau des flux les plus contributeurs. Si les mêmes différences sont observées pour de nombreux cas d'études relatifs à d'autres biens et services, il y aurait lieu d'utiliser avec prudence les catégories recommandées par l'ILCD ;
- Il s'agit de porter attention à la façon dont les facteurs ont été implémentés dans le logiciel utilisé ;
- Dans son livre blanc Maki Consulting (2014)⁵, affirme que des résultats différents peuvent être obtenus à partir d'un même inventaire et d'une même méthode de caractérisation mais dans des logiciels différents. Pour discuter concrètement de ce point, la comparaison réalisée par OpenLCA constitue un support représentatif.⁶ Il s'agit de la comparaison des résultats d'ACVI pour 6 procédés issus de la base de données ecoinvent v2.2. Les résultats obtenus dans OpenLCA et dans SimaPro pour les méthodes du set « ILCD 2011, midpoint » sont comparées. Voici les catégories d'impact pour lesquelles des différences sont observées :
 - Climate change : seuls les procédés incluant une captation de CO₂ dans l'air présentent des différences.
 - Freshwater ecotoxicity et Human toxicity – non-carcinogenics: pour ces deux indicateurs, c'est le mapping des flux liés aux ions arsenic qui posent problème ;
 - Ionizing radiation – ecosystems, Land use et Resource depletion – water: Dans les trois cas, les écarts trouvent leur origine dans l'extension de facteurs de caractérisation de certains flux élémentaires à des sous-compartiments supplémentaires ;

⁴ Owsianiak et al. IMPACT 2002+, ReCiPe 2008 and ILCD's recommended practice for characterization modelling in life cycle impact assessment: a case study-based comparison. Int J Life Cycle Assess 19:1007–1021 (2014)

⁵ Maki Consulting, National LCA Databases – Status and ways towards interoperability (2014)

⁶ Greendelta, Quality Assurance of openLCA LCIA methods - Comparison with SimaPro 8, February 2014. <http://www.openlca.org/documents/14826/130f0de0-c466-468a-82fa-43fea91e04ad> . Dernier accès : 29/10/2014.

- Resource depletion – mineral, fossils and renewables: plusieurs divergences existent. La principale, d'après l'étude, est liée à la modification de plusieurs inventaires par SimaPro, notamment en remplaçant les flux élémentaires correspondant à des mélanges de métaux par des métaux purs. Or dans les facteurs ILCD, il n'y a pas de facteurs pour les mélanges de métaux, uniquement pour les métaux purs.

VII. Conclusions, perspectives et recommandations générales

Ce chapitre rassemble les éléments principaux à souligner lorsqu'un praticien ACV se pose la question de la sélection d'une catégorie d'impact, de son indicateur et de la méthode de caractérisation associée. Il comprend⁷ des **conclusions** générales issues de l'analyse de la théorie et de la pratique, des **perspectives** illustrant les travaux en cours ou encore à mener pour aider les praticiens et enfin des **recommandations** aux praticiens à appliquer lors de leurs travaux ACV.

Conclusion 1 : La sélection des catégories d'impact doit être en relation avec le but et le champ de l'étude

Le nombre et le type de catégories d'impact dépendent du but de l'étude, du public cible, du type de produit et des données disponibles. Afin de guider le praticien dans la tâche de sélection, des documents de référence ont été établis. Ils concernent de manière spécifique certains types d'études, notamment des programmes d'affichage environnemental et de déclarations environnementales de type III. Les principaux critères retenus pour identifier les catégories d'impact pertinentes sont :

- L'existence de méthodes robustes et fiables ;
- La disponibilité des données primaires et secondaires en lien avec les impacts visés ;
- L'importance de l'enjeu (évaluée à l'appui notamment d'une normalisation) pour la catégorie de produits visée ;
- La redondance des indicateurs et leur cohérence.

Conclusion 2 : La sélection des méthodes de caractérisation peut influencer les conclusions d'une étude

La nature des modèles de caractérisation et leur complétude peuvent influencer les résultats en termes de flux élémentaires les plus contributeurs à une catégorie d'impact. Dans le cadre d'une ACV comparative, les conclusions de la comparaison peuvent varier en fonction de la méthode retenue, pour certains indicateurs. Les différences sont d'autant plus importantes que les incertitudes sur les facteurs sont élevées et que les données d'inventaire sont difficiles à collecter.

Conclusion 3 : Les flux élémentaires couverts par l'inventaire peuvent différer de ceux repris dans la méthode de caractérisation

La liste des flux élémentaires intervenant au sein d'un indicateur d'impact peut couvrir plus ou moins de flux que les données d'inventaire. Il y a donc un risque de non-adéquation entre le choix d'une méthode et les données disponibles. En outre les

⁷ Aucun classement d'importance n'est utilisé pour ces conclusions, perspectives et recommandations

nomenclatures des différentes sources peuvent différer. Il en résulte des difficultés d'intégration dans les bases de données et logiciels, voire des différences de résultats entre différentes implémentations.

De même, les inventaires servant de données de normation proviennent de sources statistiques, donc différentes des inventaires présents dans les bases de données pour les procédés élémentaires. Il en résulte aussi un biais sur les facteurs de normation.

Conclusion 4 : La recommandation de méthodes de caractérisation dans les référentiels contribue à la comparabilité des études

Dans les programmes où des études réalisées par différentes personnes sont amenées à être directement comparées, la cohérence des choix de méthodes et de facteurs de caractérisation assure la comparabilité des résultats.

La publication extensive des facteurs de caractérisation dans les documents de référence (comme par exemple dans la norme 15804 :2012+A1 :2013) apporte une stabilité des facteurs au moins jusqu'à la prochaine révision du document. Ces documents sont, au stade actuel de leur développement, encore fréquemment mis à jour.

Perspective 1 : L'utilisation de méthodes prenant en compte une différenciation spatiale devrait s'amplifier

A l'heure actuelle, la prise en compte des aspects géographiques se manifeste davantage par le choix de méthodes développées spécifiquement dans le contexte d'une zone géographique donnée (par exemple TRACI pour l'Amérique du Nord) que par l'utilisation de méthodes offrant une différenciation spatiale, au niveau de la localisation des flux élémentaires ou des procédés. Néanmoins, ceci va très probablement fortement évoluer dans les prochaines années avec le développement des méthodes régionalisées (Impact World + et LC-Impact) et leur implémentation progressive dans les bases de données et logiciels.

Par contre, l'association d'incertitude aux facteurs de caractérisation et la composante temporelle des flux élémentaires constituent des perspectives plus éloignées dans le temps.

Perspective 2 : Les travaux se poursuivent pour améliorer les recommandations

Suite à la période de test du PEF, le JRC prévoit de réviser ses recommandations en termes d'ACVI, notamment en lien avec l'épuisement de l'eau et l'épuisement des ressources (révision attendue pour fin 2015). En outre, le processus d'alignement global actuellement entrepris par l'UNEP - SETAC devrait aboutir en 2016 à la publication à la fois de lignes directrices pour l'ACVI et de facteurs de caractérisation.

Perspective 3 : Les différents fournisseurs de base de données collaborent pour améliorer les outils de correspondance entre nomenclatures

Les différences de nomenclatures entre bases de données de même qu'avec les développeurs de méthodes posent de grosses difficultés aux parties prenantes. Afin de

réduire ces problèmes et de faciliter l'interaction entre les différentes sources de données, les outils de conversion continuent de se développer, notamment à l'initiative du JRC.

Recommandation finale 1 : Le praticien ACV doit être transparent et justifier la sélection des catégories d'impact et méthodes de caractérisation

Si l'étude se conforme à un document de référence précis qui définit le nombre et la nature des catégories d'impact à inclure, le réalisateur doit y faire explicitement référence.

Sinon, conformément aux normes ISO 14040-44, le praticien doit a priori considérer l'ensemble des catégories d'impact et justifier l'éventuelle exclusion de catégories d'impact en fonction du but et du champ de l'étude. Il doit référencer de manière claire et précise les méthodes utilisées.

Concernant le nombre de catégories d'impact à étudier, une distinction peut être faite en fonction du public cible. Pour une communication vers le consommateur final, le nombre d'indicateurs présentés peut être limité, tout en incluant au minimum les 3 catégories les plus pertinentes.

Recommandation finale 2 : Le praticien ACV doit être prudent lors de l'utilisation d'un set d'indicateurs provenant de méthodes différentes

En général, les développeurs de méthodes ont mis beaucoup d'efforts dans la création d'un ensemble cohérent d'indicateurs d'impact minimisant les chevauchements ou lacunes. Ils ont veillé à atteindre un haut niveau de cohérence.

En utilisant des indicateurs d'impact issus d'une méthode unique, le praticien évite les doubles-comptages et incohérences. Cette recommandation s'applique particulièrement aux cas où des indicateurs endpoint sont évalués ou si une normalisation est appliquée.

S'ils utilisent un set d'indicateurs midpoint compilé à partir de plusieurs méthodes distinctes, les praticiens ACV doivent être très prudents dans l'interprétation des résultats.

Recommandation finale 3 : Le praticien doit veiller à utiliser différentes méthodes pour un même indicateur lorsque l'enjeu de la prise de décision le justifie

En l'absence de recommandations de méthodes spécifiques et/ou lorsque la prise de décision y est sensible, le praticien peut comparer les résultats obtenus à partir de plusieurs méthodes. En pratique, il peut procéder à la production et à l'analyse des résultats avec : (i) un set homogène de méthodes, (ii) un set de méthodes différentes (par exemple, la sélection ILCD).

Il peut ainsi éprouver la robustesse des conclusions et mettre mieux en évidence les zones d'incertitudes ou limites (notamment pour la complétude des inventaires et des méthodes).

Par ailleurs, s'il n'existe pas de consensus sur la méthode et l'indicateur les plus précis pour une catégorie d'impact, utiliser plusieurs méthodes de caractérisation permet souvent d'identifier une étape du cycle de vie ou un procédé unitaire prépondérant et de cibler des pistes d'écoconception sur cette étape. Bien que les conclusions de ce type d'approche soient limitées, des éléments intéressants peuvent néanmoins être dégagés.

Recommandation finale 4 : Le praticien doit porter un regard critique sur la complétude des inventaires et sur l'intégration des méthodes de caractérisation

Un regard critique doit être porté sur la cohérence entre les données d'inventaire disponibles et les méthodes d'évaluation d'impacts, que ce soit en termes de complétude ou en termes de nomenclature de flux. Notamment, le praticien doit identifier les données d'ICV qui ne participent à aucun indicateur d'impact. Le besoin de compléter les méthodes peut ainsi être évalué.

Lors de la publication d'une méthode de caractérisation et de l'acceptation de sa pertinence, il faut un certain délai d'implémentation dans les logiciels et bases de données. Ce processus peut être long et nécessiter le retour de la pratique (comme l'a montré l'intégration des facteurs de caractérisation ILCD par les différents acteurs). Il faut être prudent lors de l'utilisation de méthodes récemment implémentées. Des erreurs potentielles et une fréquence élevée de mise à jour des versions des outils sont à anticiper.

Recommandation finale 5 : Le stockage de données sous forme d'ICV est à favoriser

Il est important que les praticiens gardent accès aux données et modèles de l'étude sous la forme d'inventaire détaillé (ICV) et non pas uniquement sous la forme de résultats d'ACVI. En effet, cela permet de:

- comparer plusieurs méthodes d'ACVI
- recalculer les indicateurs dans le futur avec des méthodes de caractérisation mises à jour
- adapter les méthodes aux méthodes adoptées dans l'élaboration de facteurs de normation

De même, les données de normalisation devraient être mises à disposition sous la forme d'inventaires plutôt que sous la forme de facteurs de normation.