

# CompamedZNA

COMPARAISON des METHODES de Désherbage en Zones Non Agricoles



## RESSOURCES PEDAGOGIQUES

AIDE A LA COMPREHENSION DES NOTIONS ET CONCEPTS POUR LA LECTURE DES  
RAPPORTS ACV



Financé par



Ce document sur les ressources pédagogiques a pour objectif d'apporter une aide à la compréhension des rapports relatifs à l'analyse de cycle de vie (ACV), en précisant certains des concepts et des notions qui sous-tendent l'évaluation environnementale.

Chaque paragraphe peut être consulté indépendamment.

Les précisions et explications apportées dans ce document portent respectivement sur :

- Une description de la méthode d'analyse de cycle de vie.
- Une description des indicateurs d'impacts environnementaux utilisés dans l'étude Compamed ZNA. On trouve dans ce paragraphe, d'une part une description pédagogique de chacun des indicateurs, et d'autre part des informations relatives aux méthodes de calcul visant à satisfaire la demande d'information d'un public plus spécialisé en ACV.
- Une explication de la nécessité de disposer d'un jeu complexe d'indicateurs en ACV.
- Enfin, un paragraphe qui précise les limites méthodologiques des ACV et les précautions qui doivent être prises pour interpréter les résultats de l'étude.

## SOMMAIRE

1. Méthodologie utilisée .....	3
2. Indicateurs utilisés .....	5
3. Pourquoi 11 indicateurs et non une note agrégée ? .....	9
4. Précautions à prendre pour l'interprétation : erreur et significativité.....	9
4.1. Limites des approches ACV et complémentarités avec d'autres approches .....	9

## 1. METHODOLOGIE UTILISEE

Cette étude est réalisée selon les principes et les cadres définis par les normes ISO 14040 :2006 et ISO 14044 :2006 définissant les exigences relatives à la réalisation d'une ACV. Ce document vise à présenter succinctement l'ACV.

La méthode d'ACV est articulée en quatre phases bien distinctes mais interdépendantes nécessitant, tout au long de l'étude, de fréquentes itérations. Sa pratique est aujourd'hui normalisée par la série ISO 14040.

La description des phases 1 à 4 ci-dessous est directement tirée du site de l'ADEME<sup>1</sup>.

### PHASE 1 - Définition des objectifs et du champ de l'étude

Chaque ACV est construite pour répondre à des questions précises. La définition des objectifs et du champ de l'étude conditionne donc les choix méthodologiques de chaque phase (inventaire, évaluation des impacts, interprétation) et par voie de conséquence les résultats : l'ACV est dite « dépendante de l'objectif » ("goal-dependant" en anglais).

Cette première phase doit être clairement définie au départ mais peut se préciser de manière itérative au fur et à mesure de l'avancée de l'analyse. Nous y retrouverons entre autres : l'application envisagée, le public concerné, la définition du système de produits à étudier ainsi que les règles d'affectation, la définition des fonctions du (ou des) produit(s), la définition de l'unité fonctionnelle, la définition des frontières de l'étude, l'exigence de la qualité des données nécessaires à l'analyse de l'inventaire (ISO 14044), les types des impacts et leurs indicateurs nécessaires à l'évaluation des impacts environnementaux (ISO 14044). Le panel des impacts environnementaux étudiés doit recouvrir l'ensemble des conséquences potentielles sur la santé humaine, les écosystèmes et les ressources. Cette phase doit également décrire les hypothèses formulées et les limitations de l'étude.

### PHASE 2 - Analyse de l'inventaire

Dans un premier temps, l'unité fonctionnelle définie dans le champ de l'étude, va permettre de rapporter l'ensemble des flux représentatifs de la fonction du produit ou service étudié. Les flux de matière et d'énergie entrants et sortants sont ensuite quantifiés. Un inventaire est ainsi constitué (auparavant appelé "écobilan" dans la norme française préfigurant la norme ISO 14040). L'inventaire constitue un véritable travail de comptabilité analytique des flux.

Les limites initialement fixées peuvent être modifiées (élargies ou rétrécies) et la qualité des données redéfinies.

Le recueil et le traitement des données se font conformément à la définition des objectifs comme le précise la norme ISO 14044 "Définition des objectifs et du champs de l'étude - analyse de l'inventaire".

### PHASE 3 - Evaluation des impacts sur l'environnement

La démarche ACV s'efforce de rendre l'évaluation aussi objective que possible en traduisant des flux quantifiables et mesurables. Cette phase 3 a pour but de traduire les consommations et les rejets recensés lors de l'inventaire en impacts environnementaux potentiels (effet de serre, appauvrissement de la couche d'ozone, création d'ozone photochimique, acidification, eutrophisation, toxicité, etc.).

Pour cela, ces flux sont classés dans différentes catégories d'impact auxquelles ils participent.

Dans un deuxième temps, ces ensembles de flux sont caractérisés, à partir d'indicateurs, en impacts environnementaux. Le choix des catégories d'impact et des indicateurs associés se fait en relation avec les objectifs et les systèmes étudiés.

<sup>1</sup> Disponible sur <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12917> consultée en mai 2013.

Ces opérations (choix, classification, et caractérisation) sont définies comme obligatoires par la norme ISO 14044.

D'autres opérations facultatives peuvent être effectuées selon l'objectif poursuivi : la pondération (à chaque impact est affecté un poids, puis les différents impacts sont agrégés pour obtenir une note finale), et la normalisation (résultats ramenés à des valeurs de référence, par exemple les impacts d'un habitant pendant un jour).

#### PHASE 4 – Interprétation

L'interprétation a pour objectif d'analyser les résultats et d'expliquer les limites de l'inventaire et/ou de l'évaluation des impacts, afin de fournir des conclusions objectives et robustes.

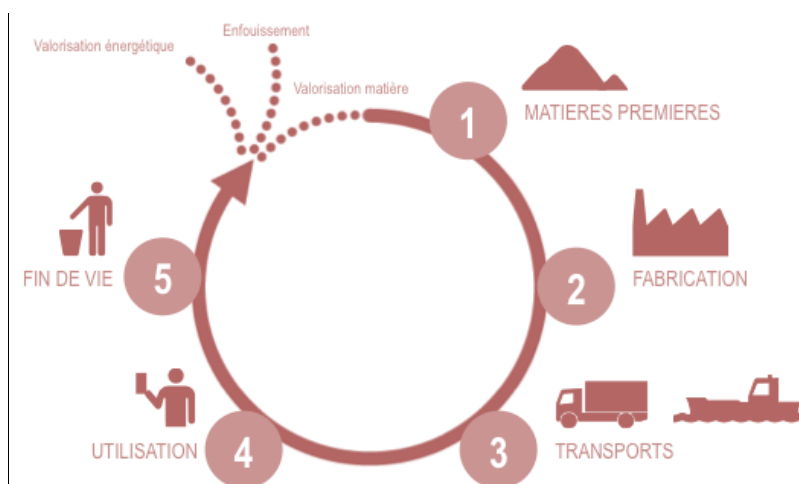
Elle met en avant les points forts et les points faibles d'un système et permet la connaissance des paramètres et des étapes sensibles. Ceci ouvre des perspectives en matière de recommandations pour des actions correctives et de réduction des impacts.

Comme le précise la norme ISO 14044, cette phase s'appuie sur l'identification des points significatifs de l'inventaire et de l'évaluation des impacts du cycle de vie accompagnée de différents contrôles : contrôle de sensibilité des hypothèses retenues (indicateurs, frontière...), contrôle de la complétude et de la cohérence sur le cycle de vie ou entre plusieurs options.

Deux notions sont essentielles pour répondre à ces normes. En effet, l'ACV repose à la fois sur :

- L'approche multi-étapes (toutes les étapes du cycle de vie du produit ou service – cf. schéma ci-dessous – sont a priori objet de l'étude).
- L'approche multicritères (un panel représentatif d'impacts environnementaux est étudié).

La figure ci-après illustre l'approche multi-étapes.



Cycle de vie d'un produit (source EVEA)

## 2. INDICATEURS UTILISES



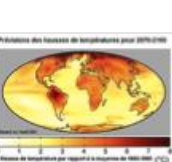
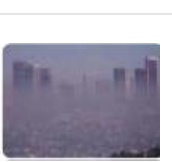
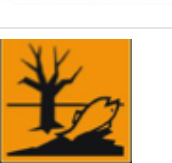




Les indicateurs de catégories d'impacts environnementaux considérés dans le cadre de cette étude sont décrits dans le tableau de la page suivante.

Le jeu d'indicateur est estimé complet et cohérent avec les objectifs de l'étude en ce sens qu'il couvre l'ensemble des problématiques environnementales potentiellement concernées par l'ensemble des systèmes étudiés : problématiques liées aux produits phytosanitaires, à la consommation d'énergies fossiles, émissions directes dans les milieux, matériaux associés aux matériels et aux techniques de désherbage. Notamment, le jeu d'indicateurs couvre aussi bien les enjeux globaux que régionaux et locaux.

NB 1 : Il est à noter que l'indicateur « radiations ionisantes » (pertinent pour une étude dans un contexte français où le mix énergétique électrique est essentiellement à base de nucléaire) n'a pas été sélectionné car les procédés mis en œuvre ne consomment pas ou peu d'électricité au cours de leur cycle de vie.

NB 2 : Bien que la problématique d'écotoxicité terrestre soit importante pour la présente étude, il n'existe pas à l'heure actuelle d'indicateur consensuel pertinent sur cet impact.

Le choix de ce jeu d'indicateurs est basé sur les recommandations du manuel ILCD (ILCD Handbook) du Joint Research Center (Centre de Recherche de la Commission Européenne). Ce jeu d'indicateurs est actuellement le plus consensuel au niveau de la communauté scientifique européenne.

	<b>Énergie non renouvelable</b> : indique la quantité totale d'énergie non renouvelable consommée.
	<b>Consommation d'eau</b> : indique la quantité totale d'eau consommée. Il s'agit d'un indicateur de flux exprimé en m <sup>3</sup> (consommation brute d'eau prélevée dans les milieux) et non d'un indicateur d'impact du prélèvement sur les milieux en fonction de leur spécificité locale, notamment le type d'eau prélevée et le stress hydrique. Il s'agit de l'eau consommée tout au long du cycle de vie du ou des produits étudiés.
	<b>Changement climatique</b> : indique le potentiel de réchauffement climatique induit par les émissions de gaz à effet de serre (GES) sur un horizon temporel de 100 ans.
	<b>Oxydation photochimique</b> : indique le potentiel de création d'ozone photochimique dans la troposphère (< 11 km alt.) induit par les émissions de substances (COV et NOx) générant ce phénomène. Sa survenue dans les grands centres urbains réfère généralement à l'appellation « pics de pollution » (on parle également de « smog »).
	<b>Eutrophisation</b> : indique le potentiel de pollution organique de l'eau induit par l'introduction de nutriments azotés et phosphatés dans les milieux aquatiques, et qui conduit notamment à la prolifération d'algues et à la dégradation de la qualité du milieu aquatique (voire son asphyxie).
	<b>Écotoxicité aquatique (eau douce)</b> : indique le potentiel de toxicité apporté aux milieux aquatiques (eaux douces de surface) par l'émission dans l'environnement de substances toxiques. L'écotoxicité déstabilise et menace la qualité et la variété des écosystèmes (faune et flore).
	<b>Destruction de la couche d'ozone</b> : indique le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone dans la stratosphère (> 11 km alt.)
	<b>Épuisement des ressources</b> : indique une diminution des réserves des ressources non renouvelables (minérales et fossiles).
	<b>Acidification atmosphérique</b> : indique le potentiel d'acidification des milieux (sols et eaux de surface) induit par les émissions de substances acidifiantes principalement dans l'air. Ces émissions sont notamment à l'origine du phénomène des pluies acides.
	<b>Toxicité humaine</b> : indique le potentiel de toxicité sur l'homme induit par l'émission dans l'environnement de substances susceptibles de créer des dommages sur la santé. Les effets cancérigènes sont distingués des effets non cancérigènes.

Les indicateurs d'impacts formant la méthode de calcul de référence pour cette étude sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les méthodes d'origine des catégories d'impacts sélectionnés sont référencées. La robustesse des

indicateurs est également évaluée qualitativement, d'après un consensus scientifique actuel : I pour les catégories les plus robustes, III pour les moins robustes (source : JRC<sup>2</sup>).

#### Catégories d'indicateurs étudiés formant la méthode de calcul de référence pour cette ACV

INDICATEUR D'IMPACT		UNITE	METHODE D'ORIGINE	ROBUSTESSE	DEGRE DE PERTINENCE POUR L'ETUDE
Toxicité Humaine, cancérigènes	Human toxicity, cancer effects	CTUh	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)	II/III	Important
Toxicité humaine, autres	Human toxicity, non cancer effects	CTUh	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)	II/III	Important
Écotoxicité	Ecotoxicity (USEtox)	CTUe	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)	II/III	Majeur
Changement climatique	Climate change	kg CO2 eq	Baseline model of 100 years of the IPCC	I	Majeur
Destruction de la couche d'ozone	Ozone depletion	kg CFC-11 eq	Steady state ODPs 1999 as in WMO assessment	I	Moindre
Oxydation photochimique	Photochemical ozone creation	kg NMVOC eq	LOTOS EUROS (Van Zelm et al, 2008) as applied in ReCiPe	II	Majeur
Acidification	Acidification	molc H+ eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)	II	Important
Eutrophisation	Freshwater eutrophication	kg P eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009b) as implemented in ReCiPe	II	Important
Consommation d'eau	Water resource depletion	m3 water eq	Model for water consumption as in Swiss Ecoscarcity (Frischknecht et al, 2008)	I (étude sur un territoire homogène)	Important
Disparition des ressources	Mineral, fossil & resource depletion	kg Sb eq	CML 2002 (Guinée et al., 2002)	II	Moindre
Consommation d'énergie non renouvelable	Consommation d'énergie non renouvelable	éq MJ	Cumulative Energy Demand (CED)	I	Important

Les indicateurs retenus dans l'étude appartiennent à différentes méthodes d'évaluation des impacts en ACV telles que référencées dans le tableau ci-dessus. Les méthodes qui sont utilisées pour le calcul des indicateurs retenus dans l'étude sont succinctement décrites ci-après.

**La méthode ReCiPe<sup>3</sup>** : La méthode ReCiPe qui a vu le jour en 2009 est le fruit d'une collaboration entre le cabinet PRé Consultants (Amersfoort, Netherlands), CML (Université de Leiden, Netherlands), RUN (Université de Radboud Nijmegen, Netherlands) et le RIVM (Bilthoven, Netherlands). Méthode récente, elle fait l'objet d'un relatif consensus au sein de la communauté scientifique. Le modèle « Hiérarchist » (H), souvent rencontré dans les modèles scientifiques

<sup>2</sup> JRC, European Commission. ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. EUR 24571 EN (2011).

<sup>3</sup> M. Goedkoop, ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation, January 2009. Disponible sur < <http://www.lcia-recipe.net/>>.

est considéré comme le modèle par défaut. Cette méthode est recommandée pour caractériser les catégories d'impacts : acidification et formation d'ozone photochimique.

Note :

La méthode ReCiPe propose trois classes de pondération (relatives à des perspectives culturelles) selon lesquels les facteurs de caractérisation des indicateurs d'impacts sont calculés. La perspective « Hiérarchist » (H), souvent rencontrée dans les modèles scientifiques est considérée comme le modèle par défaut par leurs auteurs. La perspective « Individualist » (I) est basée sur une vision à court terme, prenant en compte les impacts avérés et une vision optimiste quant à l'adaptation de l'Homme face à ces impacts. La perspective « Egalitarian » (E) prend plus en compte le principe de précaution, une approche à long terme et les impacts pour lesquels des incertitudes subsistent encore. La perspective utilisée dans cette étude est la perspective « Hiérarchist » (H).

**La méthode CML 2001 v2.05<sup>4</sup>** : une des méthodes les plus reconnues, éprouvées et mise à jour régulièrement. Elle fournit la méthode la plus exhaustive pour la caractérisation des impacts sur l'eutrophisation des milieux aquatiques (marins et eaux douces).

**La méthode IPCC<sup>5</sup>** : développée par le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) fait consensus pour évaluer le potentiel de changement climatique des gaz à effet de serre. Cette catégorie d'indicateur peut être appliquée à trois horizons de temps différents : 20 ans, 100 ans et 500 ans. La méthode IPCC à horizon 100 ans est celle recommandée par le JRC, l'indicateur s'exprimée en kg CO<sub>2</sub> équivalent.

**La méthode Cumulative Energy Demand (CED)**: Elle est basée sur la méthode publiée par ecoinvent 1.01, mise à jour pour la version 2.0 et étendue par PRé Consultants. Elle a pour but d'évaluer l'utilisation d'énergie primaire<sup>6</sup> (renouvelable ou non renouvelable) tout au long du cycle de vie d'un produit ou d'un service. Pour plus d'informations, voir la publication de Frischknecht R. et al.<sup>7</sup> Cet indicateur n'est pas un indicateur d'impact mais un indicateur de flux. Cet indicateur permet néanmoins de réaliser des comparaisons puisque les techniques comparées font appel essentiellement à de l'énergie issue de ressources pétrolières.

**La méthode USEtox<sup>8</sup>** : modèle développé à l'initiative de l'UNEP (United Nations Environment Program) et de la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) pour la caractérisation des impacts toxicologiques et écotoxicologiques. Cette méthode constitue la référence actuelle pour l'évaluation de ces impacts. Concernant l'indicateur toxicité humaine cancérogène, il est important de préciser que cet indicateur ne traduit aucun classement relatif à la réglementation sur ce type de substances.

---

<sup>4</sup> <http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/projects/lca2/index.html>.

<sup>5</sup> <http://www.ipcc.ch/>.

<sup>6</sup> Consommation finale totale plus la consommation nécessaire à la production de cette énergie.

<sup>7</sup> Frischknecht R., Jungbluth N., et al. (2003). Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report ecoinvent 2000, Swiss Centre for LCI. Duebendorf, CH, [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch).

<sup>8</sup> Ralph K. Rosenbaum et al. USEtox – the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. Int J Life Cycle Assess (2008) 13:532–546.



### 3. POURQUOI 11 INDICATEURS ET NON UNE NOTE AGREGÉE ?

Chaque indicateur représente une problématique environnementale particulière, non réductible à une ou plusieurs des autres catégories d'impacts, et ce même si toutes ces catégories d'impacts ne sont pas indépendantes les unes des autres. Notons par ailleurs que le nombre d'indicateurs pourrait (devrait) même être étendu pour couvrir des problématiques non encore traitées, généralement par manque de connaissances scientifiques suffisantes (par exemple la biodiversité, les radiations ionisantes, etc.).

Chaque indicateur proposé est donc censé couvrir un problème environnemental particulier. La discussion visant à débattre sur la nécessité de réduire ou non un jeu multicritère d'indicateurs à une note unique porte en fait sur le compromis à trouver entre, d'une part l'objectivité scientifique exprimée par un jeu multicritère d'indicateurs comprenant la totalité de l'information potentiellement exprimable, et d'autre part une information simplifiée et tronquée, mais plus facilement compréhensible et manipulable, exprimée sous forme d'une note unique (adimensionnelle). Il faut par ailleurs comprendre que la note unique porte en elle un jugement de valeur (qui ne repose donc sur aucune base scientifique, mais uniquement sur des conventions) sur la prévalence de certains problèmes environnementaux par rapport à d'autres (par exemple « le changement climatique est plus grave que l'eutrophisation », etc.).

Ainsi, le comité de pilotage de Compamed ZNA a fait le choix d'exprimer les résultats sous une forme multicritère apportant la totalité de l'information exprimable plutôt que sous une note unique biaisant une partie de l'information et reposant sur des jugements de valeurs.

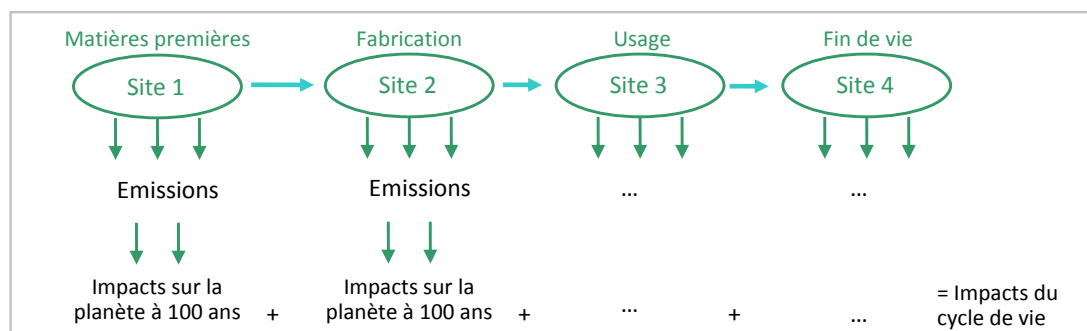
### 4. PRECAUTIONS A PRENDRE POUR L'INTERPRETATION : ERREUR ET SIGNIFICATIVITE

#### 4.1. LIMITES DES APPROCHES ACV ET COMPLEMENTARITES AVEC D'AUTRES APPROCHES

L'objectif premier de l'ACV est l'évaluation de tous les impacts environnementaux d'un produit ou d'un service :

- Tout au long de son cycle de vie.
- En envisageant tous les impacts intégrés dans l'espace (la planète) et dans le temps (à 20, 100, 500 ans ou sur une période de temps infinie).

Cette approche permet d'identifier d'éventuels transferts de pollution entre compartiments environnementaux et étapes du cycle de vie, mais cette exigence de globalité implique pour sa faisabilité un certain nombre de simplifications. Au niveau de chaque site, la succession éventuelle d'impacts à partir d'une émission est agrégée (ou intégrée) dans l'espace (i.e. les différents sites du cycle de vie) et le temps, puis agrégés en une valeur unique d'impact pour chaque catégorie d'impact. On comprend donc, à l'aide de la figure ci-dessous, que la prise en compte de la sensibilité et la spécificité locale des milieux récepteurs des impacts est difficilement réalisable, et n'est généralement pas réalisée. On dit que l'ACV a vocation à évaluer la capacité d'un système à causer des effets indésirables pour l'environnement (impacts potentiels) plutôt que la réalisation réelle de ces effets dans un environnement parfaitement identifié et spécifié (impacts réels).



### Liens entre émissions et impacts au long du cycle de vie

Les forces et faiblesses des différents modes de désherbage présentés dans cette étude et dans l'outil doivent donc impérativement être interprétés à la lumière de cette remarque préalable, c'est-à-dire sans aucune estimation possible du risque de réalisation des impacts potentiels mis en évidence dans les bilans environnementaux. Rappelons pour finir que des approches plus localisées telles que les études des « risques opérateurs », les études locales des « risques voisinage » ou « études d'impact locale » pour un site spécifique peuvent fournir des informations complémentaires à l'approche l'ACV.

Il convient également de rappeler que les différents indicateurs de catégorie d'impacts ont des degrés de robustesse plus ou moins élevés (cf. tableau page 7). Notamment, il est reconnu que les indicateurs « toxicité humaine » et « écotoxicité » sont sujets à de très fortes incertitudes (d'un ordre  $10^2$  à  $10^3$  pour la méthode USEtox sur une échelle globale d'environ  $10^7$  entre les substances les moins toxiques et les plus toxiques). Les résultats sur ces indicateurs doivent donc être interprétés avec la nuance requise. Par ailleurs, il convient de rappeler que par construction, l'indicateur écotoxicité en ACV n'est pas un indicateur de pollution localisée mais un indicateur agrégeant des potentiels d'écotoxicité des milieux aquatiques sur l'ensemble du cycle de vie (donc en des lieux différents, et s'affranchissant des conditions locales). Ainsi, cet indicateur ne remplace en aucun cas une étude d'impact d'écotoxicité localisée avec les conditions locales associées.

Il convient également de noter que, par définition, les indicateurs utilisés mesurent des impacts potentiels et non réels. Il faut donc lire les résultats comme étant des potentialités d'impacts environnementaux. Les systèmes soumis à l'évaluation par l'ACV sont évalués selon ce jeu d'indicateurs. L'ensemble de ces indicateurs (et leur méthodes de calculs sous-jacentes) forment la méthode de calcul pour cette étude.