

**SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT**  
FRANÇAIS / ENGLISH

**MODE DE PRISE EN COMPTE DE LA FIN DE VIE  
LORS DE LA REALISATION  
D'ANALYSES DE CYCLE DE VIE (ACV) "PRODUITS"**

**ETAT DE L'ART**

**METHOD FOR TAKING INTO ACCOUNT THE END-OF-LIFE  
WHEN PERFORMING LIFE CYCLE ANALYSIS (LCA) "PRODUCT"**

**STATE OF THE ART**

juin 2011

**Y. LE GUERN, C. PETIOT, E. SCHLOESING**  
- BIO Intelligence Service



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles. Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

- ✓ En Bibliographie, le document dont est issue cette synthèse sera cité sous la référence :  
**RECORD**, Mode de prise en compte de la fin de vie lors de la réalisation d'analyses de cycle de vie (ACV) "produits". Etat de l'Art, 2011, 108 p, n°10-1019/1A
  
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

## **RESUME**

Au cours du cycle de vie d'un produit, des déchets peuvent être générés à chaque étape et le produit lui-même devient un déchet à la fin de son cycle de vie. Dans les analyses de cycle de vie (ACV), l'évaluation des impacts environnementaux et des bénéfices associés à la fin de vie des produits soulève différentes questions. Parmi les principales problématiques, on peut notamment citer la multifonctionnalité des filières de traitement des déchets, la prise en compte du cycle du carbone, l'échelle de temps des émissions et l'affectation des émissions des filières à un type de déchet spécifique.

Pour analyser ces différentes problématiques, plusieurs fiches ont été réalisées selon 3 angles d'approches : des fiches filières, des fiches méthode et une fiche base de données.

Ces fiches ont pour objectif de fournir au praticien ACV les informations dont il a besoin qu'il s'agisse d'identifier les enjeux clés liés à une filière de traitement en particulier, de choisir l'approche ou la formule à utiliser pour calculer la fin de vie de son produit ou de mieux appréhender les conséquences du choix d'utiliser une base de données plutôt qu'une autre.

## **MOTS CLES**

Analyse de cycle de vie (ACV), fin de vie, recyclage, incinération, stockage, compostage, méthanisation, multifonctionnalité, méthode des stocks, substitution, allocation, cycle du carbone, émissions court terme, émissions long terme

---

## **SUMMARY**

During the life cycle of a product, waste may be produced at each step and the product itself becomes waste at the end of its life cycle. In life cycle assessment (LCA), estimation of environmental impacts and benefits associated with the end of life of products raises many questions. Among the main issues, we can mention in particular the Multi-functionality of waste treatment processes, the consideration of the carbon cycle, the time scale of emissions and the way to allocate emissions to a specific type of waste.

To analyse these various issues, several factsheets were realised with three points of view: factsheets on end-of-life treatment fields, factsheets on methods and a factsheet on databases.

These factsheets are intended to provide the LCA practitioner information needed to identify key issues related to a field in particular, to choose the approach or formula for calculating the end-of-life of the product or to better understand the consequences of choosing a database rather than another one.

## **KEY WORDS**

Life Cycle Assessment (LCA), End of life, incineration, landfill, composting, biometanation, Multi-functionality, stock method (cut off), substitution, allocation, carbon cycle, short-term emissions, long-term emissions

# **MODE DE PRISE EN COMPTE DE LA FIN DE VIE LORS DE LA REALISATION D'ANALYSES DE CYCLE DE VIE (ACV) « PRODUITS » - ETAT DE L'ART**

## **1. Contexte et objectifs de l'étude**

L'analyse de cycle de vie (ACV) est une méthode multi-étapes et multicritères, qui consiste à réaliser un bilan exhaustif des consommations de ressources et des émissions dans l'environnement (rejets air, eau, sols, déchets) au cours du cycle de vie. Les flux de matières et d'énergie prélevés et rejetés dans l'environnement à chacune des étapes sont ensuite agrégés pour quantifier différents types d'indicateurs d'impacts potentiels sur l'environnement (épouement des ressources naturelles non renouvelables, potentiel de réchauffement climatique, eutrophisation de l'eau,...).

Au cours du cycle de vie d'un produit, des déchets peuvent être générés à chaque étape et le produit lui-même devient un déchet à la fin de son cycle de vie. Ces déchets entraînent différents types d'impacts sur l'environnement, liés aux processus de collecte, de tri et de gestion. Ils peuvent également générer des bénéfices en permettant par exemple la production de matière première secondaire dans le cas du recyclage ou la production d'énergie dans le cas de l'incinération avec valorisation énergétique.

Les différents impacts et bénéfices associés à la fin de vie des déchets dépendent de nombreux paramètres et notamment des types de matériaux constituant les déchets et des filières de gestion des déchets. De plus, en matière d'analyse du cycle de vie, l'évaluation des impacts et bénéfices environnementaux liés la fin de vie des déchets dépend également des méthodologies appliquées ainsi que de la qualité des données utilisées.

Il ressort de ces éléments que la prise en compte de la fin de vie dans les analyses de cycle de vie est particulièrement délicate et soulève de nombreuses problématiques.

Dans ce contexte, l'association RECORD a souhaité lancer une étude visant à dresser un état de l'art sur les différents modes de prise en compte de la fin de vie lors de la réalisation d'analyses de cycle de vie de produits. En particulier, les objectifs de l'étude sont d'apporter des éléments de réponse aux questionnements suivants :

- Quelles sont les différentes approches pour prendre en compte la fin de vie dans les ACV? Quelles sont les spécificités et les fondements théoriques de chaque approche ? Quelles sont les formules de calcul à appliquer?
- Comment peut-on mettre en pratique ces différentes approches? Quelles sont les données et les inventaires de cycle de vie nécessaires? Dans quelles bases de données peut-on les trouver?
- Quelles sont les conséquences de l'utilisation des différentes approches sur les résultats d'ACV? Dans quelles mesures l'approche choisie influence-t-elle les résultats?
- Quelles recommandations peut-on faire par rapport à l'utilisation de ces différentes approches? Y a-t-il des approches plus pertinentes que d'autres en fonction des objectifs et du périmètre de l'étude ACV?

## **2. Plan de l'étude**

Pour répondre aux objectifs de l'étude, **trois types de fiches** ont été réalisées :

- des fiches sur les filières de fin de vie,
- des fiches sur les méthodes d'évaluation de la fin de vie,
- une fiche sur les bases de données d'inventaires de cycle de vie liés à la fin de vie.

Ces trois types de fiches ont été créés afin de permettre au praticien ACV de trouver rapidement des éléments de réponse aux questions qu'il peut être amené à se poser lorsqu'il souhaite évaluer les impacts liés à la fin de vie d'un produit.

Type de fiches	Types d'informations présentes
<b>Fiches filières</b>	<b>Enjeux</b> des filières de gestion des déchets vis-à-vis de l'ACV
<b>Fiches méthodes</b>	<b>Spécificités et fondements</b> des méthodes <b>Formules</b> de calculs à appliquer
<b>Fiche bases de données</b>	<b>Données</b> disponibles au sein des bases de données <b>Hypothèses</b> prises lors de l'établissement des données d'inventaires

Il faut préciser que l'objectif de l'étude est de présenter les approches les plus couramment utilisées et non pas de dresser un panorama exhaustif des approches existantes. Pour cette raison le périmètre de l'étude est limité et les fiches présentent les principales filières de gestion des déchets, les méthodes faisant le plus consensus à ce jour et les bases de données les plus couramment utilisées en ACV.

Ces fiches ont également pour but d'être autoportées afin d'en faciliter l'utilisation et de permettre d'appréhender rapidement les problématiques. De ce fait, un certain nombre d'informations sont redondantes entre les différentes fiches.

## 2.1. Présentation des fiches filières

Cinq principales filières de fin de vie ont été étudiées :

- **Recyclage**
- **Incinération**
- **Stockage**
- **Compostage**
- **Méthanisation**

Pour chacune des filières de fin de vie, le praticien ACV pourra trouver les informations suivantes :

- une **présentation de la filière** dans une optique ACV (fonctions et procédé),
- une présentation des **principaux enjeux méthodologiques** liés à la filière ainsi que des **renvois vers les fiches méthodes** correspondantes,
- une **liste des documents ACV de référence** sur la filière de fin de vie.

## 2.2. Présentation des fiches méthodes

La prise en compte de la fin de vie lors de la réalisation d'ACV de produits présente de nombreuses problématiques. Quatre grands types de problématiques ont été identifiés et détaillés dans le cadre de cette étude et ont donné lieu à la création de 11 fiches méthodes qui comportent les informations suivantes :

- la **méthodologie générale** : le principe de la méthode, le système considéré et les formules pour calculer l'inventaire,
- les **spécificités** de la méthode avec les points sur lesquels il faut porter une attention particulière,
- une **étude de cas** : lorsque cela est possible et pertinent, la méthode est illustrée par une étude de cas pratique portant sur la fin de vie d'un matériau donné.
- des **documents de référence** sur la méthode présentée.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des 11 fiches méthodes réalisées dans le cadre de cette étude en précisant les études de cas et les indicateurs retenues pour illustrer les problématiques.

Titres des fiches	Matériau(x) étudié(s)	Indicateur(s) étudié(s)
n°1 – Multifonctionnalité	<i>Pas d'étude de cas</i>	
n°2 – Multifonctionnalité, Méthode des stocks, valorisation matière type recyclage	Papier graphique	Réchauffement climatique Epuisement des ressources en eau
n°3 – Multifonctionnalité, Substitution, valorisation matière type recyclage	PET	Epuisement des ressources fossiles
n°4 – Multifonctionnalité, Substitution et allocation, valorisation matière type recyclage	Aluminium	Réchauffement climatique
n°5 – Multifonctionnalité, Allocation en fonction de flux physiques, valorisation matière type recyclage	Carton	Acidification terrestre Epuisement des ressources fossiles
n°6 – Multifonctionnalité, Substitution, valorisation matière type production de fertilisants	Biodéchets ménagers	Réchauffement climatique Ecotoxicité en eau douce
n°7 – Multifonctionnalité, Substitution et allocation, valorisation énergétique	PVC	Réchauffement climatique Oxydation photochimique
n°8 – Multifonctionnalité, Substitution et allocation, approche multi-filières	<i>Pas d'étude de cas</i>	
n°9 – Cycle du carbone et comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre	<i>Pas d'étude de cas</i>	
n°10 – Echelle de temps des émissions	Aluminium, étain, PET, PU, bois non traité	Réchauffement climatique Ecotoxicité terrestre
n°11 – Affectation des flux aux fractions de déchets	Gypse, carton, peinture, PU	Réchauffement climatique Eutrophisation en eau douce

### 2.3. Présentation de la fiche bases de données d'inventaires

Trois bases de données et logiciels parmi les plus reconnus en ACV ont été étudiés :

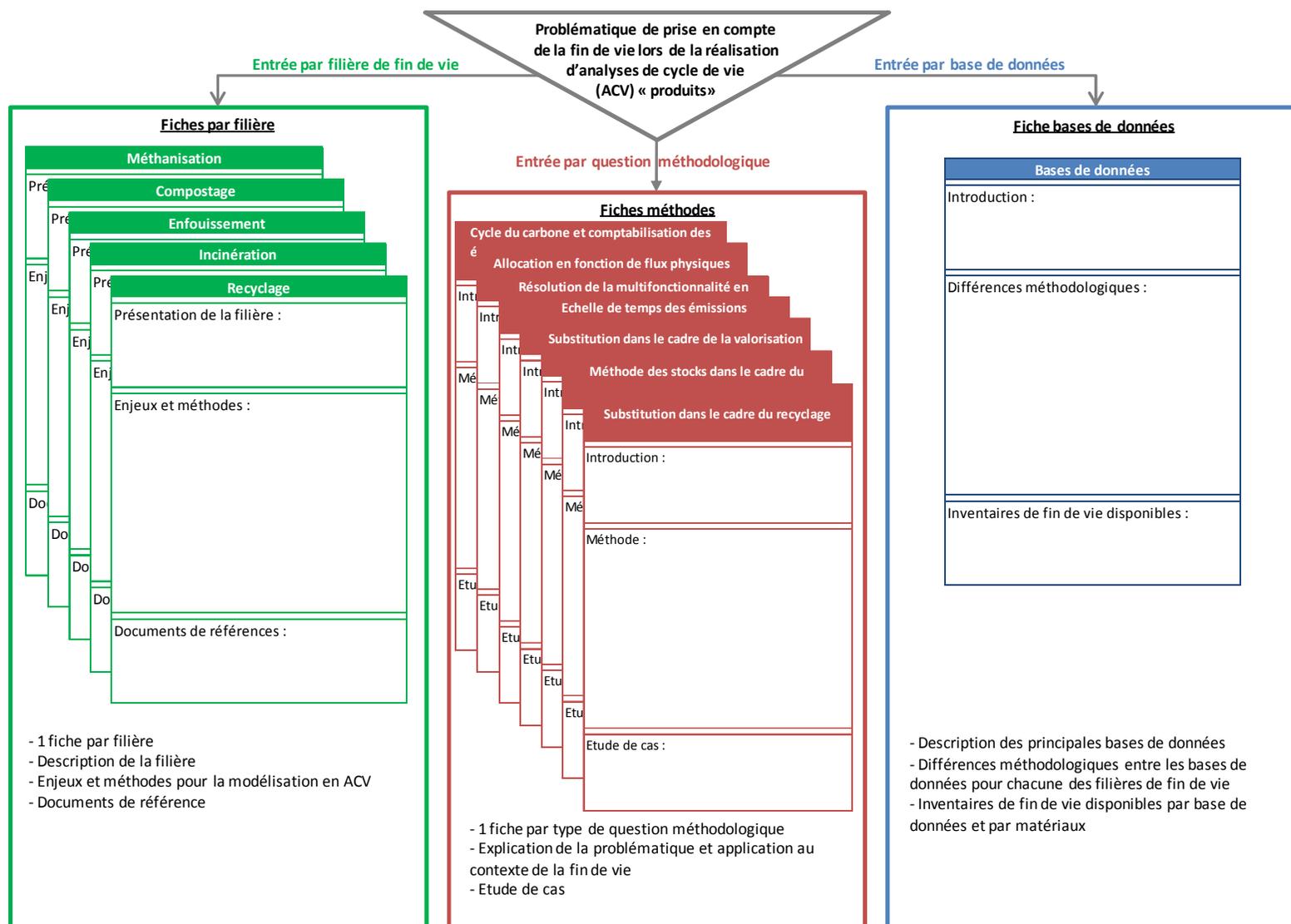
- **ELCD**, base de données d'inventaires développée par la Plateforme Européenne sur l'Analyse du Cycle de Vie et qui s'appuie, en ce qui concerne les filières de fin de vie, sur la base de données **Gabi** développée par PE (base intitulée dans cette étude « ELCD/Gabi »),
- **ecoinvent**, base de données d'inventaires développée par l'ecoinvent Centre et qui comprend également un outil excel permettant de paramétrer des compositions particulières de déchets,
- **Wisard**, logiciel développé par Ecobilan pour la réalisation d'ACV appliquées à la gestion des déchets.

Les bases de données « ELCD/Gabi » et ecoinvent ont été retenues car elles sont les plus reconnues et les plus utilisées par les praticiens ACV au niveau international. Le logiciel Wisard a également été étudié car c'était au cours des dernières années le logiciel de référence en France pour la modélisation de la fin de vie en ACV.

La fiche sur les bases de données présente :

- une **synthèse des différences méthodologiques entre les 3 bases de données** en ce qui concerne la fin de vie,
- une **synthèse des inventaires de fin de vie disponibles dans les 3 bases de données.**

Le schéma ci-dessous présente l'organisation des différentes fiches entre elles.



### 3. Limites de l'étude

Ces trois types de fiches ont été créés afin de permettre au praticien ACV de trouver rapidement des éléments de réponse aux questions qu'il peut être amené à se poser lorsqu'il souhaite évaluer les impacts liés à la fin de vie d'un produit.

Il faut préciser que l'objectif de l'étude est de présenter les approches les plus couramment utilisées et non pas de dresser un panorama exhaustif des approches existantes. Pour cette raison le périmètre de l'étude est limité et les fiches présentent les principales filières de gestion des déchets, les méthodes faisant le plus consensus à ce jour et les bases de données les plus couramment utilisées en ACV.

Etant donné les objectifs de l'étude, les informations présentées se veulent le plus concrètes et opérationnelles possibles. Cependant, elles présentent un certain nombre de limites qu'il est important de noter :

- Certaines étapes de la fin de vie des produits ne sont pas incluses dans cette étude comme par exemple : la collecte, le tri ou le démantèlement des produits complexes multi-matériaux. En effet, cette étude est réalisée selon une approche mono-matériau en se focalisant sur la fin de vie des matériaux après démantèlement. Cependant ces étapes de fin de vie ne doivent pas être négligées lors de l'évaluation de la fin de vie de produits mono ou multi-matériaux.
- Seules les principales filières de gestion des déchets sont étudiées dans ce projet. Cependant il existe d'autres filières, telles que le réemploi par exemple, dont la prise en compte en ACV posent d'autres problématiques qui ne sont pas abordées dans cette étude.
- Le praticien ACV trouvera dans les fiches méthodes un panorama des méthodes les plus couramment utilisées et faisant le plus consensus à ce jour pour traiter la fin de vie en ACV. Cependant il existe de nombreuses autres méthodes en développement ou faisant l'objet d'articles de recherche.
- Enfin seules les principales bases de données (ecoinvent, ELCD (Gabi), wisard) ont été étudiées dans ce projet. Ces bases de données sont parmi les plus utilisées et reconnues par les praticiens ACV. Cependant d'autres bases de données existent et peuvent être utilisées pour l'évaluation de la fin de vie en ACV.

### 4. Principaux résultats

Cette étude a permis de réaliser un état de l'art sur les différents modes de prise en compte de la fin de vie lors de la réalisation d'analyses de cycle de vie de produits. Elle a permis d'analyser les principales problématiques et de présenter les méthodes les plus reconnues et les plus couramment utilisées.

Par rapport aux quatre grandes problématiques identifiées dans cette étude, on peut retenir les principaux enseignements suivants :

#### - Multifonctionnalité des procédés de gestion des déchets

En ce qui concerne la filière de recyclage, il existe beaucoup d'approches pour résoudre la multifonctionnalité. Le contexte de l'étude ACV et son caractère attributionnel ou conséquentiel sont des paramètres importants pour choisir l'approche la plus appropriée. Néanmoins, bien souvent plusieurs approches peuvent être appliquées. Le praticien ACV devra alors bien analyser les différentes méthodes possibles, être conscient des conséquences que le choix d'une méthode peut impliquer sur les résultats de l'étude et être le plus transparent possible sur le choix effectué et les raisons de ce choix. En particulier, il est important de réaliser des analyses de sensibilité pour évaluer l'influence de la méthode sur les résultats obtenus et pour ainsi tester la robustesse des conclusions de l'étude.

Pour les autres filières multifonctionnelles (incinération avec valorisation énergétique, stockage avec valorisation du biogaz, compostage, méthanisation), l'approche la plus communément utilisée pour résoudre la multifonctionnalité est la substitution. Il y a cependant de nombreuses subtilités pour appliquer cette approche, notamment concernant le choix des procédés substitués.

- **Cycle du carbone et comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre liées au traitement des déchets**

La prise en compte du cycle du carbone lors du traitement des déchets suscite actuellement de nombreux débats. L'approche générale couramment employée ces dernières années consiste à ne pas prendre en compte les flux de CO<sub>2</sub> d'origine biomasse en considérant qu'ils appartiennent au cycle court du carbone et n'ont pas « d'effet notable » en termes de changement climatique. Cependant, cette approche présente certaines limites et des évolutions méthodologiques sont en cours pour intégrer les flux de CO<sub>2</sub> d'origine biomasse et le cas échéant prendre en compte le stockage temporaire du carbone.

- **Echelle de temps des émissions**

En ce qui concerne la filière de stockage, les émissions s'effectuent dans la durée sur des échelles de temps allant de quelques dizaines d'années à plusieurs milliers d'années. Il y a aujourd'hui un consensus sur le fait que toutes les émissions, que ce soit à court terme (0 à 100 ans) ou à long terme (100 ans et plus), doivent être prises en compte. Cependant, la façon de caractériser ces émissions fait encore débat et on peut choisir d'attribuer aux impacts futurs un poids équivalent, supérieur ou inférieur à celui des impacts actuels. Par ailleurs, quelle que soit l'approche retenue, il est recommandé de calculer et d'analyser les impacts liés aux émissions à court terme et les impacts liés aux émissions à long terme de façon séparée.

- **Affectation des flux aux fractions de déchets**

Les filières de traitement des déchets gèrent en général un mélange de déchets variés. L'établissement de l'inventaire de fin de vie d'un déchet donné dans une filière nécessite donc d'affecter les différents flux de la filière en fonction des types de déchets traités. Pour cela, les développeurs de base de données ont développé différentes méthodes d'allocation (basées sur le PCI, le potentiel méthanogène, la composition en éléments trace des déchets...) qu'il est important de connaître pour les praticiens ACV afin de maîtriser les données utilisées et de savoir interpréter les résultats.

Par ailleurs, l'étude a permis d'identifier certaines limites pour la mise en pratique des approches présentées. En effet, certaines données nécessaires à l'application des méthodes ne sont pas disponibles ou s'avèrent limiter. On peut citer par exemple le fait qu'il y a peu d'inventaires de cycle de vie disponibles sur le compostage ou la méthanisation. De même, certains inventaires de recyclage de plastique ne sont pas disponibles. Enfin, certaines données sur les taux de recyclage ou le nombre de réutilisations possibles de la matière ne sont pas toujours accessibles en fonction des matériaux étudiés.

Enfin, par rapport aux différentes approches présentées dans cette étude et qui sont parmi les plus reconnues, il est important de noter que de nombreuses discussions sont en cours et que certains points pourraient être amenés à évoluer à court ou moyen terme comme par exemple la prise en compte du stockage temporaire de carbone dans les produits, le développement des ACV conséquentielles ou celui des ACV dynamiques prenant en compte la temporalité des émissions...

<p style="text-align: center;"><b>METHOD FOR TAKING INTO ACCOUNT THE END-OF-LIFE WHEN PERFORMING LIFE CYCLE ANALYSIS (LCA) « PRODUCT » - STATE OF THE ART</b></p>
---

## **1. Context and objectives of the study**

Life-cycle analysis (LCA) is a multi-step and multi-criteria method to achieve a comprehensive assessment of the environmental impacts (air, water and soil pollution, and waste) of a product during all stages of its life. The material and energy flows taken and discharged into the environment at each stage are aggregated in order to quantify different types of indicators of the potential impacts on the environment (depletion of non-renewable resources, global warming potential, eutrophication of water, etc).

During the life cycle of a product, waste may be generated at each step and the product itself becomes waste at the end of its life. This waste results in different types of impacts on the environment, related to the processes of collecting, sorting and management. They can also generate benefits by allowing, for example, the production of secondary raw material in the case of recycling, or energy production in the case of incineration with energy recovery.

The different impacts and benefits associated with the end of waste depend on various parameters, notably the types of materials constituting the waste, and the waste management sectors. Moreover, with regards to life-cycle analysis, the assessment of the environmental impacts and benefits related to the end-of-life of waste also depends on the applied methodologies as well as the quality of the data used.

It is clear then that the inclusion of the end-of-life in the life-cycle analysis is particularly complicated and raises many issues.

In this context, the association RECORD was interested in launching a study aimed at establishing a review on the different ways of taking into account the end-of-life when performing a life-cycle analysis. In particular, the objectives of the study are to provide answers to the following questions:

- What are the different approaches to taking into account the end-of-life in LCAs? What are the specificities and the theoretical bases of each approach? What formulas of calculation need to be applied?
- How can these different approaches be put in practice? What are the necessary data and inventories of the LCA? In which databases can they be found?
- What effects do the different approaches have on the results of the LCA? To what extent does the chosen approach influence the results?
- What recommendations can be made with regards to the use of these different approaches? Are there approaches that are more relevant than others depending on the objectives and the scope of the LCA?

## **2. Study plan**

To meet the objectives of the study, three types of information sheets were made:

- Factsheets on the course of end-of-life
- Factsheets on the evaluation methods of the end-of-life
- A sheet on the databases of the life-cycle inventories related to end-of-life

These three types of information sheets were created to allow the LCA practitioner to easily find answers to questions that may be asked during the assessment of the impacts associated with the end-of-life of a product.

Type of document	Type of information presented
<b>Course factsheet</b>	<b>Issues</b> of the waste management sectors with respect to LCA
<b>Method factsheet</b>	<b>Specifics and bases</b> of the method <b>Formulas</b> for calculation to be applied
<b>Database</b>	<b>Data</b> available within the database <b>Hypotheses</b> drawn at the time of the establishment of the data inventory

It should be noted that the objective of the study is to present the most commonly used approaches and not to lay out a comprehensive overview of existing approaches. For this reason, the scope of the study is limited and the fact-sheets present the major procedures of waste management, the most common methods used today, and the databases most commonly used during life-cycle analysis.

These information sheets are also designed to be self-standing in order to facilitate their use and to help address problems quickly. As a result, some information is redundant between the different factsheets.

## 2.1. Presentation of information sheets

Five main procedures of end-of-life were studied:

- Recycling
- Incineration
- Storage
- Composting
- Anaerobic biodegradation

For each type of procedure of the end-of-life, the LCA practitioner may find the following information:

- A presentation of the procedure from the LCA perspective (functions and processes),
- A presentation of the key methodological issues related to the procedure as well as references to the corresponding method sheet,
- A list of the related LCA documents on the end-of-life procedure.

## 2.2. Presentation of the method sheets

Taking into account the end-of-life presents many issues when performing LCA of products. Four major types of problems were identified and detailed in the scope of this study and resulted in the creation of 11 method sheets containing the following information:

- The general methodology: the purpose of the method, the system considered, and the formulas for calculating the inventory,
- The specifics of the method with the points that need specific attention,
- A case study: where possible and appropriate, the method is illustrated by a practical case study on the end of life of a given material.
- Reference materials on the proposed method.

The following table summarizes all 11 method sheets carried out in this study, specifying the case studies and the indicators used to illustrate the issues.

Title of sheets	Material(s) studied	Indicator(s) studied
n°1 – Multi-functionality	<i>No case study</i>	
n°2 – Multi-functionality, cut-off method, material recovery type recycling	Graphing paper	Global warming Depletion of water resources
n°3 – Multi-functionality, substitution, material recovery type recycling	PET	Depletion of fossil fuels
n°4 – Multi-functionality, substitution and allocation, material recovery type recycling	Aluminium	Global warming
n°5 – Multi-functionality, allocation based on physical flows, material recovery type recycling	Cardboard	Terrestrial acidification Depletion of fossil fuels
n°6 – Multi-functionality, substitution, material recovery type fertilizer production	Household bio waste	Global warming Freshwater ecotoxicity
n°7 – Multi-functionality, substitution and allocation, energy recovery	PVC	Global warming Photochemical oxidation
n°8 – Multi-functionality, substitution and allocation, multi-waste management sectors	<i>No case study</i>	
n°9 – Carbon cycle and accounting for emissions of greenhouse gases	<i>No case study</i>	
n°10 – Timeframe of emissions	Aluminium, tin, PET, polyurethane, untreated wood	Global warming Terrestrial ecotoxicity
n°11 – Distribution of flows by waste type	Gypsum, cardboard, paint, polyurethane	Global warming Freshwater eutrophication

### 2.3. Presentation of the sheet on inventory databases

Among the most recognized databases and software for LCA, three were studied:

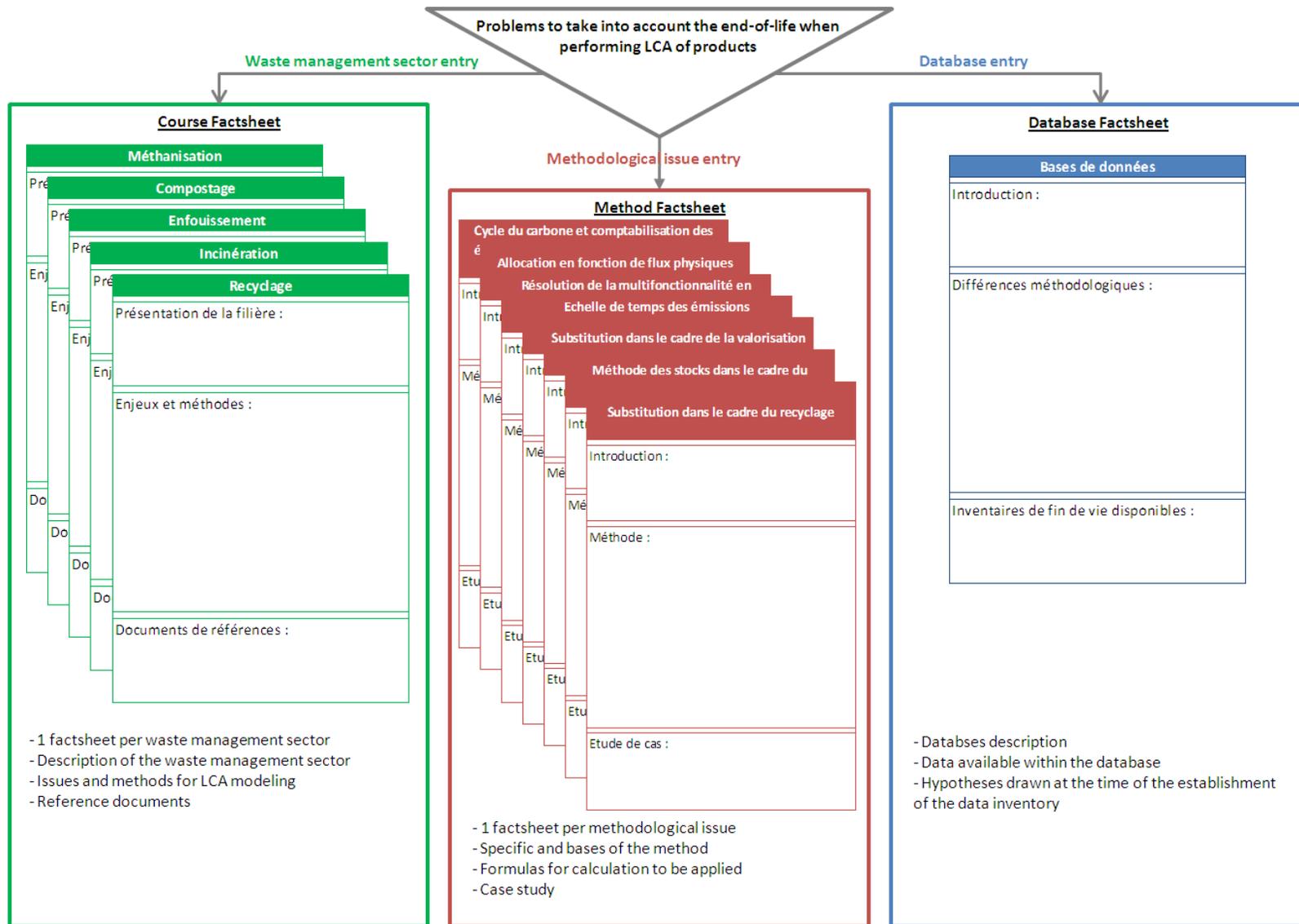
- ELCD, an inventory database developed by the European Platform on life-cycle analysis, which refers to the database Gabi developed by the European Platform (in this study, referred to as “ELCD/Gabi”),
- ecoinvent, an inventory database developed by the ecoinvent Center and which also includes an excel tool for setting particular compositions of waste,
- Wisard, software developed by Ecobilan to conduct LCA applied to waste management.

The databases “ELCD/Gabi” and ecoinvent were selected because they are the most recognized and most commonly used by LCA practitioners around the world. Wisard software was also studied because it has recently been the standard software in France for the modelling of end-of-life in LCA.

The sheet on databases presents:

- A summary of the methodological differences between the three databases on end-of-life,
- A summary of inventories at the end-of-life available in the three databases.

The diagram below shows the organisation of the different sheets within them:



### 3. Study limitations

These three types of information sheets were created to allow the LCA practitioner to easily find answers to questions that may be asked during the assessment of the impacts associated with the end-of-life of a product.

It should be noted that the objective of the study is to present the most commonly used approaches and not to lay out a comprehensive overview of existing approaches. For this reason, the scope of the study is limited and the fact-sheets present the major procedures of waste management, the most common methods used today, and the databases most commonly used during life-cycle analysis.

Given the objectives of the study, the information presented is meant to be as practical and operational as possible. However, there are a number of limitations that are important to note:

- Some steps from the end-of-life of products are not included in this study, such as: collecting, sorting and dismantling of complex multi-material products. In fact, this study was conducted using a mono-material approach focusing on the end-of-life of materials after dismantling. However, these end-of-life steps should not be overlooked when assessing the end-of-life of either mono or multi-materials.
- Only the main procedures of waste management are studied in this project. However, there exist other procedures, such as reuse, which were not addressed in this study because they bring up other issues in the context of LCA.
- In the methods sheet, the LCA practitioner will find an array of the most commonly used methods to treat end-of-life in LCA. However, there exist many other methods being developed or researched.
- Finally, only the main databases (ecoinvent, ELCD/Gabi, Wisard) were studied in this project. These databases are among the most widely used and recognized by LCA practitioners. However, other databases exist and can be used to evaluate end-of-life in LCA.

### 4. Main results

This study has achieved a review of the different ways of recognizing the end-of-life when performing life-cycle analyses on products. It has analyzed the main issues and presented the most recognized and commonly used methods.

In relation to four major issues identified in this study, we can learn the following lessons:

- **Multi-functionality of the procedures of waste management**

Regarding recycling, there are many approaches to solving the multi-functionality. The context of the LCA and its causal and consequential nature are important parameters for selecting the most appropriate approach. Oftentimes, several approaches can be applied. The LCA practitioner will then carefully analyze the various possible methods, aware of the consequences that each choice could have on the results of the study, and be as transparent as possible about the choice made and the reasons for this choice. In particular, it is important to perform sensitivity analysis to assess the influence of the method on the results and therefore to test the strength of the conclusions of the study.

For the other multi-functional procedures (incineration with energy recovery, storage with biogas recovery, composting, anaerobic biodegradation), the most common approach to solve the multi-functionality is substitution. There are, however, many subtleties in applying this approach, particularly with regards to the choice of methods substituted.

- **Carbon cycle and accounting for greenhouse gas emissions related to waste treatment**

Taking into account the carbon cycle during the processing of waste is currently attracting much debate. The general approach that has recently been used is to not take into account the flow of CO<sub>2</sub>

from biomass, considering that they belong to the short carbon cycle and have no “significant effect” in terms of climate change. However, this approach has some limitations and methodological developments are underway to integrate CO<sub>2</sub> fluxes from biomass and to possibly take into account the temporary storage of carbon.

- **Timeframe of emissions**

Regarding the storage procedure, the emissions take place during a period of time scales ranging from several decades to several thousands of years. There is now a consensus that all emissions, whether short term (0-100 years) or long term (>100 years) must be taken into account. However, how to characterize these emissions is still under debate and we can choose to assign an equivalent weight to future impacts based on the level of current impacts. Whatever the approach, it is recommended that short-term and long-term impacts on emissions should be calculated and analysed separately.

- **Distribution of flows by waste type**

The procedure of waste treatment generally runs in a mixture of various types of waste. Establishing an inventory of end-of-life of a given waste thus requires a different flow of the procedure according to the types of waste treated. For this, database developers have developed different methods of allocation (based on methanogenic potential, the composition of elements found in the waste) which is important for the LCA practitioners to understand for them to handle the data and to interpret the results.

Moreover, the study has identified some limits to the implementation of the approaches presented. In fact, some data needed to implement the methods are not available or prove to be limiting. We can cite, for example, the fact that there is little inventory of life-cycle available on composting and anaerobic biodegradation. Similarly, certain inventories on plastic recycling are not available. Finally, some data on recycling rates or the number of possible reuses of the material are not always available depending on the materials studied.

Finally, with respect to the different approaches presented in this study and those that are among the most recognized, it is important to note that many discussions are ongoing and that some items may need to change over the short to medium term, such as the recognition of temporary storage of carbon in products, the development of consequential LCAs, or the development of dynamic LCAs taking into account the temporality of emissions...