

Life Cycle Costing : description méthodologique et mise en œuvre

Rapport final

Janvier 2018

Responsables scientifiques :

José Rafael Dulbecco, Isabelle Descos, Tom Huppertz Bernard De Caevel
RDC Environment - Avenue Gustave Demey 57 - 1160 BRUXELLES
Belgique

En collaboration avec **Andreas Ciroth**
GreenDelta GmbH, Müllerstrasse 135, 13349 Berlin
Allemagne



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.

- ✓ En Bibliographie, ce document sera cité sous la référence :
SCORE LCA, Life Cycle Costing : Description méthodologique et mise en œuvre, 2018, 84 pages, n°2016-03.
- ✓ 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.

Comité de suivi pour SCORE LCA : Erwan Autret – ADEME, Amira Bentahar – ENGIE, Jean-paul Cazalets – Total, Florian Delarue – Renault, Daniel Dunet – Veolia R&I, Jade Garcia – SCORE LCA, Anne Grau – EDF, Denis Le Boulch – EDF, Stanislas Nosperger – EDF, Mélanie Pélissard – Renault, Philippe Osset – SCORE LCA, Anne Prieur-Vernat – ENGIE, Dominique Veuillet - ADEME.

Table des matières

Lexique	6
Introduction – but de l'étude	8
I. Qu'est que le Life Cycle Costing ?	9
I.1. Définition	9
I.2. À quoi sert un LCC ?	10
I.3. État des lieux de la pratique	11
I.3.1. Bref rappel historique	11
I.3.2. Pratique actuelle	11
I.3.3. Pourquoi la méthode reste peu utilisée ?	14
II. Les types de LCC	16
II.1. Point de vue de l'acteur	16
II.2. Prise en compte des impacts sur l'environnement et la société	17
II.2.1. LCC conventionnel	18
II.2.2. Environmental LCC	19
II.2.3. Societal LCC	19
II.2.4. Comparaison des trois types de LCC	20
II.2.5. Utilités des différents types de LCC	21
II.3. En résumé	22
III. Mettre en œuvre le LCC	23
III.1. Méthodologie	23
III.1.1. Bien définir l'objectif de l'étude	23
III.1.2. Lister les éléments de coûts	24
III.1.3. Établir le modèle	27
III.1.4. Collecter les données	29
III.1.5. Prendre en compte le temps	32
III.1.6. Calculer les résultats et conduire des analyses de sensibilité	36
III.2. Les outils disponibles	36
III.2.1. Les bases de données	37
III.2.2. Les outils LCC pour l'achat : présentation	37
IV. ACV – LCC : quelle possibilité de couplage ?	40
IV.1. Intérêt du couplage	40
IV.2. Principes guidant le couplage	41
IV.3. Les outils permettant le couplage	42
IV.4. Points d'attention pour la réalisation d'un couplage	42
IV.5. Retour d'expérience de RDC Environment sur le couplage ACV-LCC	43

V.	Perspectives de travaux pour améliorer la pratique	45
VI.	Références	47
VII.	Annexes.....	50
A.	Directrices et références de l'industrie concernant la mise en œuvre du LCC	50
B.	Directive 2014/24/UE du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics et abrogeant la directive 2004/18/CE	52
C.	Références d'études de cas étudiés par Korpi et Ala-Risku (2008).....	55
D.	Principales méthodes	59
	Total Cost of Ownership	59
	Activity Based Costing et Time-Driven Activity Based Costing	59
	Material Flow Cost Accounting (MFCA)	60
	Environmental Life Cycle Assessment (ou Life Cycle Assessment, ACV)	61
	Analyse de cycle de vie social.....	61
	Life cycle Sustainability Assessment.....	61
	Full Cost Accounting.....	62
	Cost-Benefit Analysis (CBA, Analyse coûts-bénéfices, ACB).....	63
E.	Cas d'études analysés	64
F.	Analyse approfondie des outils.....	65
a.	European commission LCC tool	65
b.	SMART-SPP EU project LCC and CO2	65
c.	Clean Fleets EU Project LCC Tool.....	66
d.	German Federal Environment Agency (UBA) Excel tool	66
e.	The Berliner Energy Agency "Buy smart" EU-Project costing tools	67
f.	The ZVEI (German Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) tool.....	67
g.	The Swedish National Agency for Public Procurement's LCC tools	68
h.	Danish Environmental Protection Agency TCO calculators	68
G.	Liens web vers les outils informatiques LCC.....	70
	European commison LCC tool.....	70
	SMART-SPP EU project LCC and CO2	70
	Clean Fleets EU Project LCC Tool.....	70
	The Swedish National Agency for Public Procurement's lcc tools	70
	German Federal Environment Agency (UBA) Excel tool	71
	The Berliner Energy Agency "Buy smart" EU-Project costing tools	71
	The ZVEI (German Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) tool.....	73
	Danish Environmental Protection Agency TCO calculators	73
H.	Références académiques concernant le couplage du LCC avec l'ACV	74
I.	Analyse approfondie des outils permettant le couplage.....	75
a.	GaBi.....	76
b.	OpenLCA.....	77

c. SimaPro.....	79
d. Umberto NXT.....	81
e. CCaLC2.....	83

Lexique

Terminologie		Définition
Française	Anglaise	
Coût du cycle de vie	Life Cycle Costing (LCC)	Outil économique d'évaluation des coûts internes du cycle de vie d'un bien ou d'un système.
Externalité	Externality	Coûts ou bénéfices quantifiables survenant quand les actions engagées par des organisations ou des personnes ont des impacts sur d'autres intervenants qu'eux-mêmes
Internalisation	Internalisation	L'internalisation des externalités signifie que ces effets doivent faire partie intégrante du processus de prise de décision de l'acteur responsable de l'externalité
LCC environnemental	Environmental LCC	Outil économique d'évaluation des coûts internes et des coûts environnementaux externes associés à un objet.
LCC sociétal	Societal LCC	Outil économique d'évaluation des coûts internes et l'ensemble des coûts externes associés à un objet.
Coût total de propriété	Total Cost of Ownership (TCO)	Outil d'évaluation d'achat dont l'objectif est de quantifier le coût réel de propriété d'un objet.
Méthode des coûts par activités	Activity-Based Costing (ABC)	Méthode d'allocation qui associe les coûts aux activités principales d'une organisation.
Comptabilité des flux de matières	Material Flow Cost Accounting (MFCA)	Outil de comptabilité et de gestion qui cherche à aider les organisations à mieux comprendre les conséquences environnementales et financières potentielles de l'utilisation de leurs matériaux et de leurs pratiques énergétiques.
Analyse de cycle de vie	Life Cycle Analysis (LCA)	Technique qui vise à évaluer les impacts environnementaux potentiels d'un système ou d'un produit tout au long de son cycle de vie.
Analyse de cycle de vie environnementale	Environmental Life Cycle Assessment (E-LCA)	Synonyme de LCA. Le terme « Environmental » est rajouté pour le différencier du Social Life Cycle Assessment.
Analyse de cycle de vie sociale	Social Life Cycle Assessment (S-LCA)	Technique d'évaluation d'impact social potentiel qui cherche à estimer les aspects sociaux d'un produit ou d'un système.
Analyse de durabilité du cycle de vie	Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)	Nouvelle approche qui intègre les trois dimensions du développement durable.
Comptabilisation du coût complet	Full Cost Accounting (FCA)	Concept qui définit un ensemble de méthodes de comptabilité caractérisées par le fait qu'elles cherchent à intégrer l'ensemble des coûts économiques et environnementaux d'un produit ou d'un système tout au long du cycle de vie.
Analyse Coût-Bénéfice	Cost-Benefit Analysis (CBA)	Méthode d'analyse utilisée pour juger les avantages ou désavantages d'une décision en estimant ses coûts et ses bénéfices.
Coût d'acquisition	Acquisition cost	Montant monétaire dépensé pour acquérir un objet.

Coût d'opportunité	Opportunity cost	La valeur monétaire de la meilleure option non réalisée.
--------------------	------------------	--

Introduction – but de l'étude

La complexité des processus de production et des produits combinée à un environnement concurrentiel de plus en plus dynamique a créé la nécessité de surveiller et d'analyser, en matière de coûts, non seulement la phase de production, mais toutes les étapes en amont et en aval. Ceci afin de minimiser le coût global du produit engendré tout au long du cycle de vie. Ainsi, les producteurs cherchent à atteindre des meilleurs niveaux de compétitivité vis-à-vis de leurs concurrents. Le consommateur public ou privé de son côté, cherche à comparer les différentes options d'investissement ou d'achat en essayant d'intégrer, d'une façon holistique, les coûts présents (prix d'acquisition et taxes associées) et futurs (utilisation, maintenance et fin de vie) qui s'y associent. Le *Life Cycle Costing* (LCC) peut répondre aux objectifs de ces différents acteurs ; le LCC est un outil économique qui permet d'analyser la structure des coûts d'un objet précis tout au long de son cycle de vie.

De par leur approche convergente sur la totalité du cycle de vie, certaines complémentarités entre LCC et ACV ont été identifiées : une application combinée, voire intégrée des deux approches pourrait aider les décideurs à trouver des solutions rentables, tout en minimisant leur impact environnemental.¹

Cette étude a pour objet de donner les clés de compréhension du LCC, ses concepts, son périmètre d'utilisation ainsi que ses limites théoriques et conceptuelles. Elle présente également des éléments opérationnels de mise en œuvre comme : les méthodes actuelles d'application du LCC, les moyens disponibles pour sa mise en œuvre et les possibilités de le coupler avec l'ACV.

- Dans une première partie nous présentons les bases théoriques et l'état de la pratique du LCC. Nous commençons par sa définition et son histoire, puis nous étudions son utilité et les raisons pour lesquelles la méthode est encore peu répandue.
- Dans une deuxième partie nous présentons les différents types de LCC et les périmètres de coûts pris en compte pour chacun d'entre eux.
- Dans une troisième partie nous présentons les éléments pour la mise en œuvre du LCC ainsi que les recommandations et guidances pour le faire.
- Dans une quatrième partie nous abordons les possibilités de couplage du LCC à l'ACV en montrant d'abord l'utilité d'une telle technique, puis en présentant les logiciels qui permettent de coupler les méthodes.
- Nous concluons en identifiant les perspectives de travaux pour améliorer la pratique du LCC et du LCC couplé avec l'ACV.

¹ Le LCC est d'ailleurs évoqué dans la littérature comme une alternative adéquate pour l'étude du pilier économique du développement durable (Zamagni et al. 2013 ; Kloepffer, 2008).

I. Qu'est que le Life Cycle Costing ?

I.1. Définition

Le LCC est un outil économique qui évalue les coûts d'un objet ou d'un système (généralement d'un projet ou d'un procédé) tout au long de son cycle de vie. Cet outil calcule, dans un horizon temporel défini, tous les coûts générés par le bien à chaque étape de son cycle de vie (Kloepffer, 2008). Dans le cas d'un produit, il s'agit par exemple de coûts de développement, production, utilisation, maintenance et de gestion de fin de vie. Les applications actuelles de l'approche LCC concernent habituellement des objets² durables qui génèrent des coûts significatifs au cours de leur cycle de vie : bâtiments, machines industrielles, véhicules et autres biens d'investissement. L'idée de base est que, pour de nombreux produits, le prix d'achat reflète seulement une partie réduite des coûts effectivement générés par l'objet, et qu'il n'est donc pas son coût réel (voir Figure 1).

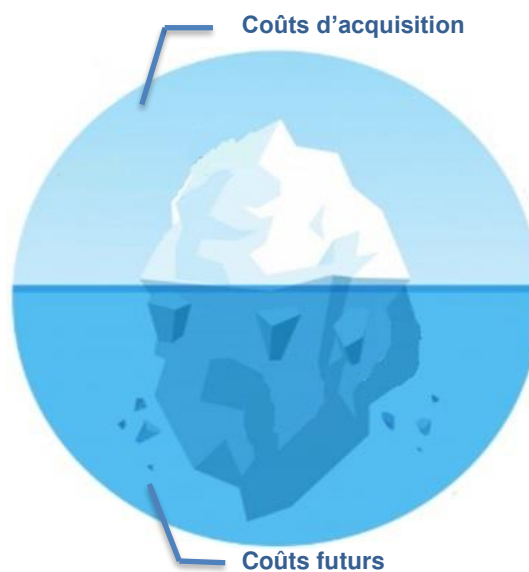


Figure 1 : coûts futurs cachés

Le coût du cycle de vie d'un objet, c'est-à-dire le résultat final du LCC, est donc **la somme de tous les coûts qui seront générés par l'objet depuis sa conception jusqu'à la fin de sa vie utile³, ramenés à leur valeur actualisée en anticipant les évolutions des prix.** L'enjeu est donc de définir le périmètre des coûts pris en compte. Le LCC peut prendre en compte :

- Uniquement les coûts internes

Les coûts internes sont ceux « directement supportés par un individu ou une organisation pour l'achat ou l'utilisation d'un produit » (Hunkeler et al., 2008). Ces sont les coûts directement subis par les acteurs internes à la chaîne de valeur en lien avec l'objet étudié (par exemple, le coût de l'essence pour une voiture) ; d'ailleurs, le terme « produit » utilisé par Hunkeler et al. pourrait être remplacé par le terme plus générique « objet ».

- Les coûts internes + externes

Les coûts externes sont ceux « qui ne sont pas nécessairement inclus dans les coûts de transaction entre le fournisseur et l'acheteur, et qui sont agrégés sous le terme externalités » (ISO 15686-5:2017). Il peut s'agir :

- des coûts subis par des acteurs en dehors de la chaîne de valeur (non concernés par la transaction)
- des coûts subis par les acteurs mais non répercutés dans la transaction car ils ne sont pas quantifiés en termes monétaires

Cette différenciation du périmètre des coûts est abordée plus en détail dans la section II.2.

² Le terme générique « objet » est utilisé dans ce guide pour faire référence aux bâtiments, biens d'équipement, systèmes, projets, investissements, produits et tout ce qui est susceptible d'être évalué par le LCC.

³ Période durant laquelle un objet est utilisé pour la fin à laquelle il était prévu jusqu'à son déclassement, sa mise en décharge, sa démolition, etc.

En résumé, le LCC est un outil :

- Multi-étapes (production, utilisation, fin de vie)
- Susceptible d'être multi-acteurs (selon le point de vue du praticien) ;
- Sur un horizon temporel défini ;
- Susceptible de prendre en compte les externalités environnementales et sociales.

Nota bene : dans un but de simplification, nous parlons uniquement des coûts ; or il est également concevable d'inclure les « revenus » internes et externes (liés aux externalités positives) dans le calcul du LCC, il faut donc considérer que nous parlons en termes de coûts nets (internes ou externes), c-à-d des coûts déduits des revenus

I.2. À quoi sert un LCC ?

Le LCC est un outil polyvalent d'analyse dont les objectifs intermédiaires et finaux varient en fonction des besoins ainsi que de la perspective de celui qui l'exécute. En conséquence, comme pour les ACV, la première étape conseillée pour l'exécution du LCC est la définition du but de l'étude (Swarr et al., 2011 ; Kawauchi and Rausand, 1999).

Indépendamment de l'acteur, comme pour les ACV, deux types d'utilisation sont identifiés :

- Interne, pour guider les choix stratégiques et optimiser les procédés ; et
- Externe, pour communiquer sur des résultats qui mettent en avant la compétitivité et/ou les bonnes pratiques budgétaires et/ou les bonnes pratiques durables.

Du point de vue du consommateur :

- Le but d'une évaluation LCC conventionnelle (cf. II.2.1) est de minimiser le coût des objets au cours de leur vie, en identifiant et en quantifiant tous les coûts significatifs engendrés pendant le cycle : acquisition, utilisation et fin de vie (Woodward, 1997) ;
- La prise en compte de l'intégralité des coûts du cycle de vie associés à l'objet permet de comparer les différentes options d'investissement/achat pour les prendre en compte dans le processus décisionnel (qui tient aussi compte de la qualité) ;
- De plus, en identifiant les facteurs de coûts présents et futurs, le consommateur peut anticiper les besoins en financement potentiels.

Du point de vue du producteur, l'objectif du LCC conventionnel est de choisir la stratégie de production qui minimise les coûts du cycle de vie supportés par les acteurs de la chaîne de valeur et qui donc améliore sa compétitivité, par exemple *via* l'optimisation du design pour réduire le coût d'utilisation (Kawauchi et Rausand 1999). La méthode LCC identifie également les facteurs de coûts afin de :

- **Communiquer** sur un produit qui peut être plus cher à l'achat mais plus économe si les coûts d'utilisation et fin de vie sont pris en compte ;
- Avoir une meilleure visibilité concernant les **risques potentiels** sur la production (par exemple une envolée des prix de matières premières, de l'énergie ou des sols) ;

- Optimiser l'**allocation des ressources** (par exemple, pour un projet de construction, allouer plus de ressources aux travaux d'isolation thermique pour minimiser la facture énergétique future) ; et
- Faciliter le **suivi des coûts** ainsi que l'amélioration de l'estimation des coûts futurs sur base des coûts passés (Lindholm et Suomala 2005).

I.3. État des lieux de la pratique

I.3.1. BREF RAPPEL HISTORIQUE

Le LCC est une technique bien établie dont les premières traces historiques remontent à 1933 aux États-Unis. Des évaluations de coûts, incluant ceux liés à l'utilisation et la maintenance, étaient conduites par le Bureau de la Comptabilité Générale (GAO pour son sigle en anglais) pour l'acquisition de tracteurs (Hunkeler et al. 2008).

Légalement demandée pour les achats de l'armement dans les années 1960, cette méthode a été formellement développée et utilisée par l'armée des États-Unis afin d'évaluer les coûts réels des biens d'investissement tels que les chars et les tracteurs (Sherif & Kolarik, 1981). Depuis son origine, le LCC est appliqué dans de nombreux secteurs industriels, en particulier pour les biens d'investissement (les secteurs de la construction, de l'industrie et du transport). Un certain nombre de lignes directrices et références de l'industrie ont été développées, mais aucune norme ISO encadrant l'application générale du LCC n'a été développée (Ciroth, 2008).

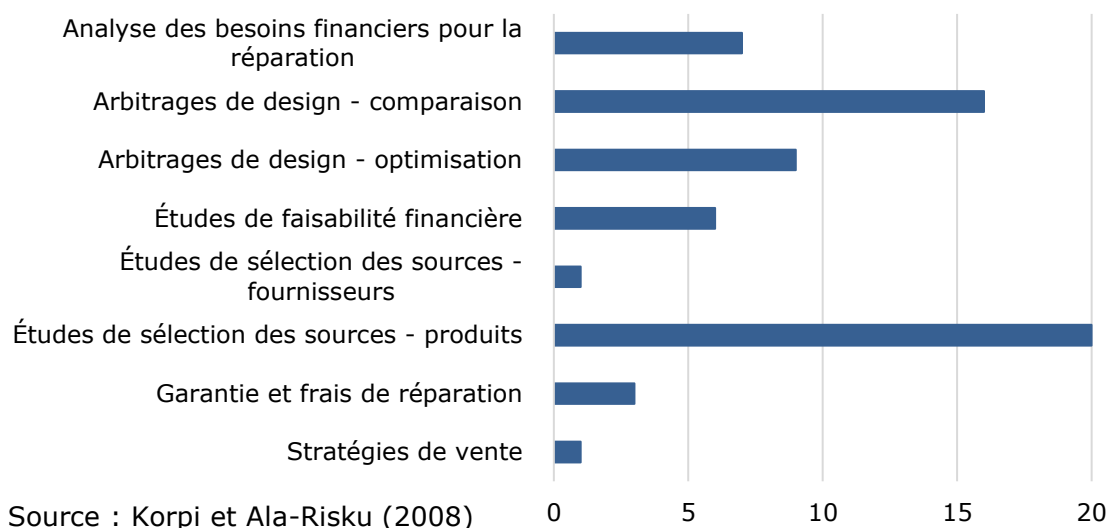
I.3.2. PRATIQUE ACTUELLE

Korpi et Ala-Risku ont analysé en 2008 les études de cas LCC publiées dans la littérature⁴. Au total 60 études ont été identifiées⁵ et sélectionnées pour l'analyse dont 38 ont été publiées dans les années 2000. L'analyse a été faite au niveau mondial.

- Leur étude met en avant les utilisations pratiques suivantes :

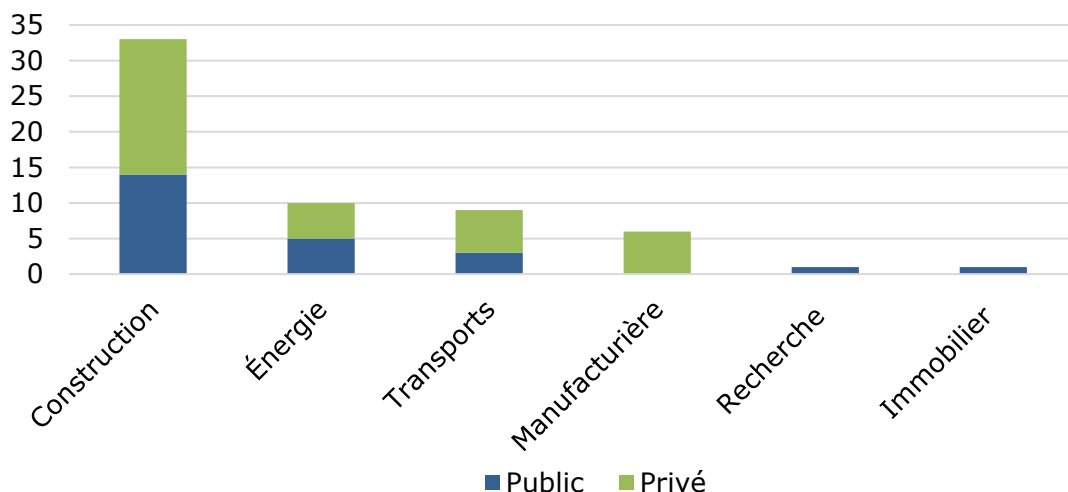
⁴ Eric Korpi Timo Ala-Risku, (2008), "Life cycle costing: a review of published case studies", Managerial Auditing Journal, Vol. 23 Iss 3 pp. 240 - 261

⁵ Voir annexe C

Graphique 1 : utilisation pratiques du LCC

- Analyse des besoins financiers pour la réparation : quantifier les besoins et les coûts de maintenance.
 - Arbitrage de design : modifier/comparer les aspects du design des produits/moyens de production qui ont un impact direct sur le LCC.
 - Études de faisabilité financière : mesurer l'impact du LCC d'un système ou d'un projet sur les budgets à long terme et les résultats d'exploitation.
 - Études de sélection des sources : comparer le LCC entre systèmes ou fournisseurs de biens et services concurrents.
 - Garantie et frais de réparation : quantifier le coût des défaillances précoces dans la sélection et l'utilisation des équipements.
 - Stratégies de vente : mettre en avant les avantages associés aux produits plus chers à l'achat mais avec un LCC moins élevé.
- Concernant l'utilisation du LCC par secteurs :
 - Plus de la moitié des acteurs identifiés utilisant des approches LCC proviennent de l'industrie de la construction ;
 - L'application du LCC est la même dans les secteurs public et privé ;
 - La répartition sectorielle est présentée dans le Graphique 2 : études de cas par industrie

Graphique 2 : études de cas par industrie

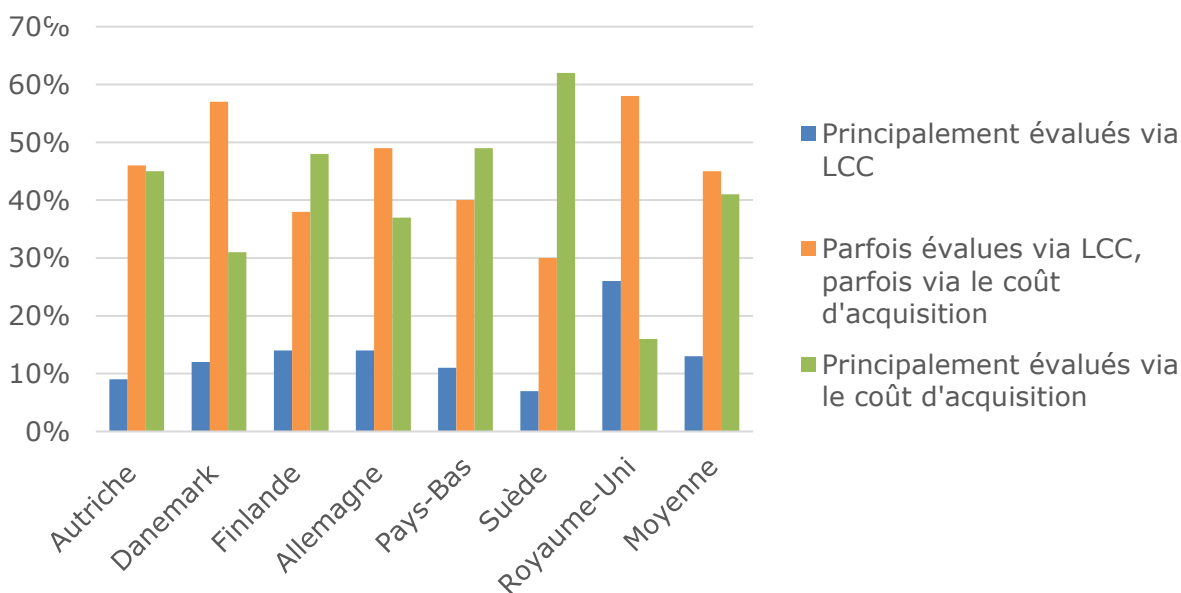


Source : Korpi et Ala-Risku (2008)

Dans le secteur public, le LCC est utilisé plus souvent dans une perspective d'acheteur, notamment pour l'évaluation de marchés publics. La méthode est utilisée dans une optique d'achat responsable et cherche donc à inclure certains aspects environnementaux tels que les émissions de CO2, sans pour autant réaliser une ACV en parallèle.

L'outil n'est pas appliqué systématiquement par les autorités publiques, et l'utilisation reste limitée (Nucci et al., 2016 ; Centre for European Policy Studies, 2012).

Graphique 3 : utilisation du LCC pour la passation des marchés publics



Source : PricewaterhouseCoopers (2009)

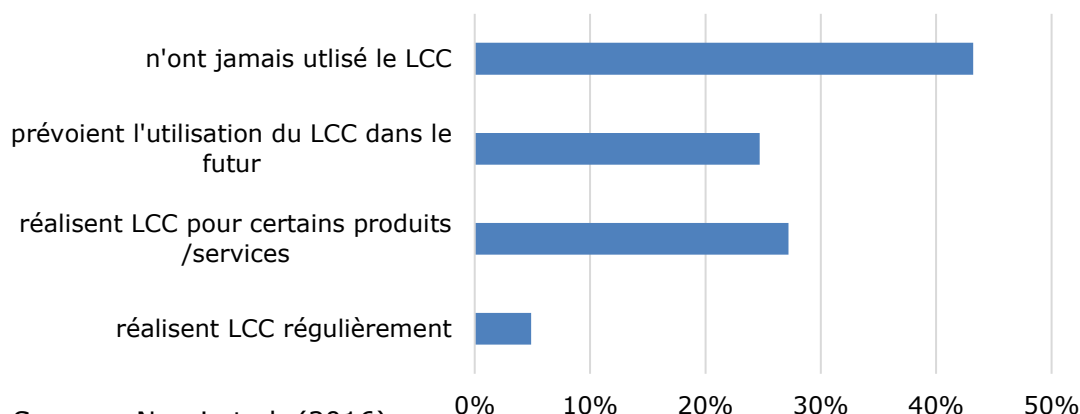
Cette situation identifiée en 2009 n'a pas évolué significativement, ceci malgré l'entrée en vigueur de la directive 2014/24/UE du Parlement Européen et du conseil du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics⁶ qui définit et préconise l'utilisation du LCC dans le processus de passation des marchés publics. Néanmoins, l'utilisation relativement élevée du LCC au Royaume-Uni pour les

⁶ Voir annexe B

évaluations des marchés publics laisse entrevoir un potentiel d'augmentation de la mise en œuvre dans les autres pays Européens.

Une enquête⁷ réalisée plus récemment (2015) auprès de responsables d'achats des états centraux et des collectivités locales européennes dans le cadre du projet d'élaboration de l'outil LCC pour la Commission Européenne a confirmé les résultats obtenus par PwC. Les résultats de l'enquête sont les suivants :

Graphique 4 : utilisation du LCC pour la passation des marchés publics



Source : Nucci et al. (2016)

En 2015, plus de la moitié des acteurs interrogés n'ont jamais pris en compte le LCC pour l'évaluation des marchés publics ; uniquement 5 % des acteurs disent utiliser le LCC régulièrement.

I.3.3. POURQUOI LA MÉTHODE RESTE PEU UTILISÉE ?

Quatre barrières principales à la mise en place du LCC expliquent l'utilisation limitée de la méthode, notamment par les acteurs publics.

- Le principe de « **court-termisme** » qui peut exister dans les processus d'achat.

Le LCC intègre les coûts futurs générés par un objet dont la durée de vie peut dépasser la durée du cycle politique d'une administration publique donnée. Ainsi, on peut privilégier certains objets qui affichent un coût d'acquisition (coût présent) relativement bas mais un LCC relativement élevé en raison des coûts de maintenance et réparation élevés (coûts futurs). Par ailleurs, les administrations publiques sont soumises à des contraintes budgétaires qui sont davantage associées aux cycles politiques et aux éventuelles pressions d'exécution d'un budget annuel qu'aux durées de vie des objets achetés (tels que les voitures ou les bâtiments publics). Il peut donc y avoir un intérêt à minimiser les coûts présents qui seront subis par l'administration qui fait l'achat, sans prendre en compte, ou alors de façon partielle, les coûts futurs qui pourraient être subis par les administrations suivantes.

- Le **manque de communication** entre les acteurs responsables de l'achat et les départements techniques.

Le calcul du LCC nécessite des informations techniques concernant l'objet telle que la consommation de carburant par km d'une voiture ou son coût annuel moyen d'entretien et de réparation. Une partie de cette information peut être transmise directement par le fournisseur (par exemple la consommation moyenne de carburant par km), mais d'autres sont obtenues en interne avec l'expérience du personnel en charge des aspects techniques

⁷ Nucci et al. 2016

des biens (par exemple le coût annuel moyen d'entretien). Généralement, les acteurs responsables de l'achat n'ont pas assez de connaissances sur les caractéristiques techniques des objets et les acteurs des départements techniques ne sont pas compétents pour faire l'évaluation économique des coûts. Ainsi, la réalisation du LCC peut être bloquée s'il n'y a pas un travail collaboratif entre les deux parties de l'organisation.

- La perception de **complexité** qui est associée à la mise en place de la méthode

Le LCC est plus compliqué et requiert davantage de collaboration interdépartementale qu'une méthode d'évaluation économique qui prend en compte uniquement le coût d'acquisition. Les interviews montrent que cette complexité associée à l'application du LCC est souvent surestimée par les acteurs qui doivent le mettre en place car ils ne connaissent pas :

- la méthode ;
- les nombreux outils informatiques et guides d'application disponibles actuellement (cf. section 0).

- Le **bénéfice** de faire un LCC est parfois trop **faible**

Réaliser un LCC a un coût ; celui-ci est lié au temps que le praticien LCC doit allouer à le réaliser. De ce fait, sa réalisation ne reste pertinente que si le coût de réalisation est inférieur au gain espéré⁸ lié au meilleur choix (de produit, de stratégie...). Par exemple, pour un acheteur d'une PME, bien qu'il soit possible de faire une évaluation LCC de plusieurs bouteilles d'eau et d'identifier celle au LCC le plus faible, le gain espéré lié au choix de la bouteille moins chère est vraisemblablement plus faible que le coût subi pour réaliser le LCC.⁹

Le LCC est plus pertinent pour les objets :

- Utilisés longtemps et qui utilisent des consommables ;
Les consommables (essence, détergents, cartouches...) et la maintenance (rénovation des immobiliers, réparation des biens de capital...) ont un poids significatif.
- Générateurs de coûts significatifs, au moins pour un des acteurs concernés par le cycle de vie ;
Si les coûts du cycle de vie ne sont pas significatifs pour au moins un des acteurs, alors le LCC peut être approché par le prix d'acquisition qui couvre également le coût de production
- Soumis à des arbitrages significatifs entre produits ou/et types de coûts (ex : investissement et maintenance)
S'il n'y a pas un gain espéré significatif lié au choix d'une option (l'acquisition d'un objet, le design d'un produit...), alors le LCC apporte peu.

En pratique, pour l'achat d'objets qui ne respectent aucun de ces critères, prendre en compte uniquement le coût d'acquisition (puisque les autres coûts du cycle de vie sont négligeables) peut être plus adéquat.

⁸ Ici le gain espéré est lié à la non-dépense ; si le LCC de « A » est 100 et le LCC de « B » est 150, choisir « A » implique un gain de 50.

⁹ Par contre, à plus grande échelle pour une société ou filiale d'embouteillage d'eau de source/minérale, un LCC pourrait présenter un intérêt.

II. Les types de LCC

Il existe trois types de LCC qui diffèrent par rapport à :

- La perspective de l'acteur qui réalise le LCC
- La prise en compte des impacts sur l'environnement et sur la société

II.1. Point de vue de l'acteur

Les coûts générés par un même objet se répercutent différemment sur les différents acteurs du cycle de vie : acheteurs, producteurs et secteur public (qui peut d'ailleurs avoir une perspective d'acheteur, de producteur ou d'intérêt général). Par conséquent, les coûts associés à une même étape du cycle de vie peuvent différer fortement en fonction de l'acteur concerné. Afin de calculer le LCC, il est nécessaire d'identifier quelle est la perspective :

- Acheteur (c'est la perspective la plus fréquemment utilisée)
- Producteur
- Une combinaison de deux (typiquement pour le calcul du LCC des projets de construction)

De ce choix dépendront les coûts qui seront intégrés dans le calcul.

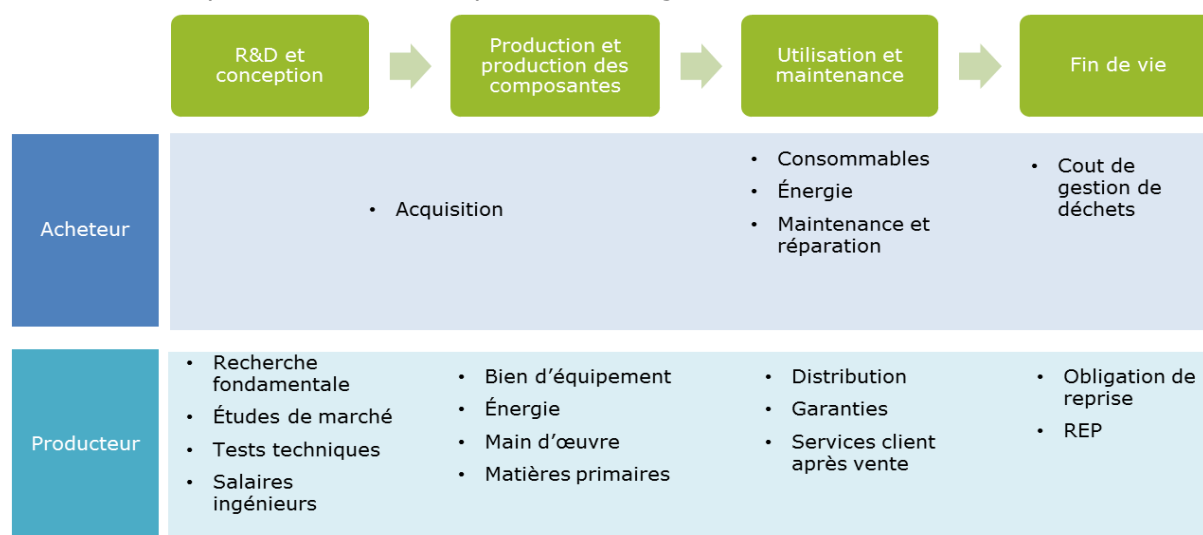


Figure 2 : exemple des différentes perspectives du LCC

Ainsi par exemple, les coûts d'utilisation et de maintenance d'une voiture incluent :

- Pour l'acheteur,
 - La consommation d'essence
 - La réparation
 - L'assurance
 - La fin de vie (prix de revente)
- Pour le producteur,
 - Le service client après-vente
 - Les garanties

- Le coût de la REP¹⁰

Il y a également une différence dans la manière dont les acteurs publics subissent les coûts.

- Par exemple, alors que le consommateur privé inclut les taxes¹¹ dans sa structure de coûts lors des processus d'achat, l'acheteur public pourrait ne pas les inclure car elles lui sont reversées dans une autre ligne budgétaire ; pour les pouvoirs publics, certaines taxes sont une source de financement et ne représentent pas *in fine* un coût.¹²
- Cette non-prise en compte des taxes par le secteur public dépend en pratique du type de taxe et du bénéficiaire (qui perçoit *in fine* la taxe). S'il s'agit d'une taxe destinée à financer l'entité publique (état, région, collectivité, etc.), alors la taxe peut être exclue du calcul ; dans le cas contraire, elle doit être prise en compte. *Par exemple, le gouvernement central devrait ne pas inclure la TVA associée à l'achat de biens d'équipement vendus dans le même pays car cette TVA rentrera dans les caisses de l'État ; à l'inverse, s'il s'agit d'une collectivité et qu'elle ne récupère pas directement la TVA il pourrait être pertinent de la comptabiliser.*

II.2. Prise en compte des impacts sur l'environnement et la société

En fonction des choix concernant l'objectif et la portée de l'étude, certains aspects non économiques peuvent être inclus dans l'analyse. On distingue d'une part l'utilisation du LCC avec un objectif purement économique et d'autre part l'utilisation de l'outil incluant la dimension environnementale et/ou sociale.

Approche « financière » ¹³	Approche « développement durable » ¹³
<ul style="list-style-type: none"> • Approche purement économique • Prise en compte <ul style="list-style-type: none"> ○ des coûts internes et ○ des coûts externes susceptibles d'être internalisés¹⁴ à moyen/long terme 	<ul style="list-style-type: none"> • Approche incluant la dimension environnementale et/ou sociale • Prise en compte des externalités non susceptibles d'être internalisées à moyen/long terme

¹⁰ La Responsabilité élargie du producteur (REP) implique que les acteurs économiques (fabricants, distributeurs, importateurs) qui mettent sur le marché des produits générant des déchets, prennent en charge tout ou partie de la gestion de ces déchets..

¹¹ Ici « Taxes » fait référence uniquement à celles qui servent à financer les pouvoirs publics. Les taxes pigouviennes qui sont destinées à internaliser les externalités des activités économiques doivent être incluses par tout type d'acteur si celles-ci ne sont pas déjà prises en compte dans une évaluation environnementale ou sociale parallèle. La taxe carbone (ou Contribution Climat-Énergie) est un exemple classique de taxe pigouviennne.

¹² Cette même logique est appliquée lors de la réalisation d'un *Societal LCC*, lorsque l'évaluation économique d'un objet prend en compte un système macroéconomique élargi (cf. section II.2.3)

¹³ Terminologie RDC Environment.

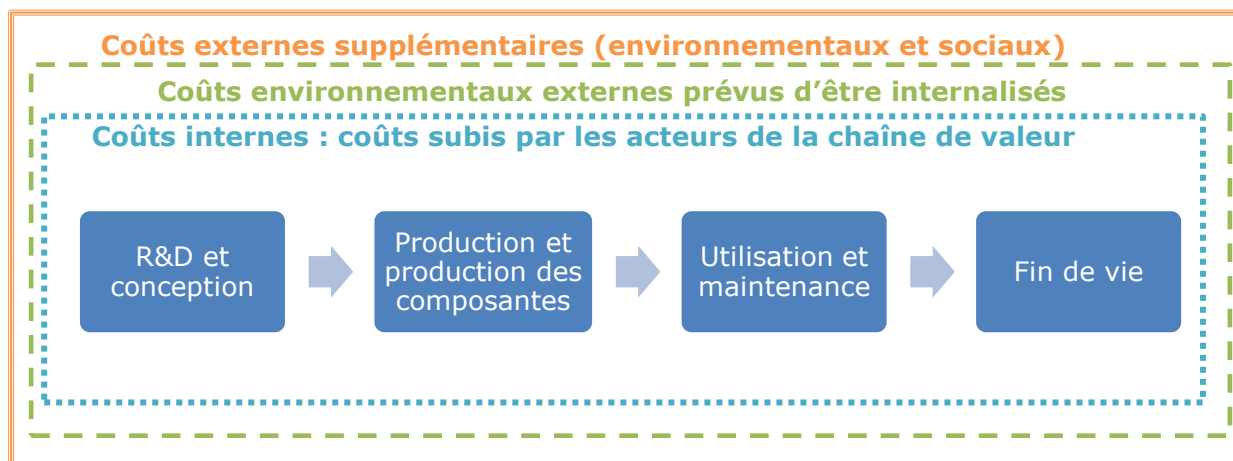
¹⁴ L'internalisation des coûts externes peut se faire de plusieurs manières (taxation, système de quotas ou autres changement amenant une internalisation de l'externalité...). Ce qui est fondamental est que l'externalité soit prise en compte dans le processus de prise de décision de l'acteur responsable de l'externalité. Il faut cependant qu'elle soit prise en compte à son juste titre (pas de sur ou sous-estimation de l'externalité).

Trois catégories d'application du LCC sont identifiées dans la littérature (Hunkeler et al. 2008 ; Swarr et al. 2011 ; Rebitzer, 2005). Ces types d'application peuvent être classés ainsi :

- Conventional LCC
- Environmental LCC
- Societal LCC

Les différences entre ces trois types d'application sont présentées dans la section II.2.4.

Le schéma suivant présente les trois types de LCC théorisés dans la littérature. Ils se différencient notamment par l'inclusion ou non des externalités.



..... **Conventional LCC** : évaluation des coûts internes ; l'étude du cycle peut être restreinte à un seul acteur ; pas d'application ACV en parallèle.

----- **Environmental LCC** : évaluation supplémentaire des coûts environnementaux externes (externalités) prévus d'être internalisés dans le processus décisionnel futur ; réalisation d'une ACV en parallèle.

—— **Societal LCC** : évaluation de tous les coûts externes (externalités) supplémentaires.

Source : Hunkeler et al. (2008)

Figure 3 : frontière du système des différents types du LCC

Nota bene : La catégorisation des LCC reste très théorique. En réalité, le praticien dispose d'une grande flexibilité au moment de choisir les coûts qu'il souhaite intégrer dans le calcul. Nous pourrions imaginer un Social LCC (à ne pas confondre avec le Societal LCC), où le praticien prend en compte les coûts internes et, parmi les coûts externes, uniquement ceux associés aux externalités sociales (effets sur la santé, la qualité de l'emploi...).

II.2.1. LCC CONVENTIONNEL

C'est l'application traditionnelle du LCC. Cette approche repose sur une évaluation purement économique. Elle comprend généralement les coûts associés à un objet qui sont **directement subis par un acteur intervenant dans la chaîne du cycle de vie** (en général l'acheteur/utilisateur). Les coûts associés aux externalités (impacts non

internalisés) telles que la pollution, sont exclus du calcul car ils n'engendrent pas de flux de ressources monétaires pour les acteurs de la chaîne de valeur.

II.2.2. ENVIRONMENTAL LCC

Le LCC peut également **inclure les externalités environnementales engendrées par l'objet**, telles que les émissions de gaz à effet de serre ou autres polluants. La seule condition est que **la valeur monétaire de l'externalité environnementale puisse être déterminée** (généralement *via* la monétarisation¹⁵). Cette version entendue du LCC est désignée comme *Environmental Life Cycle Costing* (E-LCC). En pratique, les coûts internes sont les mêmes coûts que ceux considérés dans une évaluation LCC conventionnelle ; on y ajoute **les externalités environnementales liées au cycle de vie du produit (les coûts externes¹⁶) qui sont susceptibles d'être internalisés dans le futur**. *Par exemple via une taxe pigouvienne¹⁷ qui est prévue d'être mise en place sur l'utilisation des composantes plastiques* (Rebitzer et Hunkeler, 2003). L'approche E-LCC cherche à ce que ces externalités soient internalisées dans le processus décisionnel futur de l'acteur concerné (Hunkeler et al., 2008).

Puisque l'E-LCC n'intègre pas l'ensemble des impacts environnementaux, les théoriciens de cette méthode préconisent de réaliser en parallèle une étude ACV, tout en évitant les doubles comptages lors de l'intégration des résultats de l'E-LCC et de l'ACV (par exemple en comptabilisant dans le LCC la taxe carbone qui est supposée internaliser, du moins partiellement, les effets négatifs liés aux émissions de CO₂ et en parallèle quantifier dans l'ACV l'émission de CO₂ sans prendre en compte ce qui a déjà été internalisé). Pour que l'interprétation des résultats soit compatible, la réalisation combinée des deux approches requiert l'utilisation d'une même unité fonctionnelle et que l'ACV et le LCC soient basés sur le même modèle du système ou du produit.

II.2.3. SOCIETAL LCC

Cette approche trouve ses racines dans l'analyse coûts-bénéfices¹⁸ (CBA pour son sigle en anglais) et utilise un système macroéconomique élargi ; le périmètre du système comprend un ensemble plus large de coûts, y compris ceux qui sont subis par l'ensemble des acteurs du cycle ainsi que par **tous ceux indirectement liés aux externalités associées** (Hunkeler et al. 2008). Le but du Societal Life Cycle Costing (S-LCC) est d'intégrer dans le calcul du LCC, en plus des coûts directs, **tous les impacts environnementaux et sociaux (monétarisés) de l'objet étudié**, c'est-à-dire tous les coûts externes associés aux externalités environnementales et sociales. Une différence majeure entre cette application et les deux étudiées précédemment réside dans la prise en compte de tous les acteurs directement ou indirectement concernés par l'objet ; ainsi, les acteurs publics (état central, collectivités locales, etc.) sont également pris en compte.

Étant donné que le S-LCC prend en compte un système macroéconomique élargi, les coûts liés aux transferts internes au système, tels que les subventions et les taxes redistributives, ne doivent pas être

¹⁵ La monétarisation consiste à estimer la valeur monétaire des impacts environnementaux et sociaux finaux d'une activité sur la société.

¹⁶ Ici, coûts externes et externalités sont la même chose ; les coûts externes sont des externalités exprimées en unités monétaires.

¹⁷ Les taxes pigouviennes sont des taxes destinées à internaliser les externalités des activités économiques. Une taxe pigouvienne classique est la taxe carbone. La valeur de la taxe ne correspond pas forcément à la valeur de l'externalité, il s'agit d'une approximation.

¹⁸ Bien que la CBA et le S-LCC soient présentés dans la littérature comme des méthodes différentes, celles-ci ont les mêmes fondements, couvrent le même périmètre et répondent aux mêmes objectifs (cf. annexe 0).

inclus. Ces transferts « ne représentent pas de coûts ou d'avantages économiques réels pour la société, car ils n'impliquent qu'un simple transfert du contrôle de certaines ressources d'un groupe de la société à un autre » (Commission Européenne ; 2014). Malgré cette règle générale, comme nous l'avons déjà mentionné, certaines taxes (ou subventions) sont destinées à corriger des externalités (taxes pigouviennes). Dans ce cas, il est justifié d'inclure ces taxes (subventions) dans les coûts (Commission Européenne ; 2014) car celles-ci ont été mises en œuvre afin d'internaliser une externalité ; or, comme pour le E-LCC, l'évaluation doit éviter les doubles comptages.¹⁹

II.2.4. COMPARAISON DES TROIS TYPES DE LCC

Tableau 1: différences entre les trois types d'application du Life Cycle Costing

Critère	LCC conventionnel	E-LCC	S-LCC
Valeur ajoutée par rapport au LCC conventionnel		Internalisation des externalités et coûts indirects associés aux aspects environnementaux	Internalisation de l'ensemble des coûts et externalités environnementales et sociales, subis par l'ensemble de la société
Système de l'objet (le modèle)	Restreint aux parties du cycle de vie d'intérêt pour l'acteur concerné	Généralement cycle de vie complet	Cycle de vie complet
Frontières du système	Seulement les coûts internes	Coûts internes, plus les coûts environnementaux externes à internaliser	Coût internes, plus toutes les externalités, moins les taxes
Perspectives des acteurs	Généralement 1 seule : soit le consommateur, soit le producteur (public ou privé)	Un ou plusieurs acteurs connectés au cycle de vie de l'objet	La société dans son ensemble, y compris les gouvernements
Unité de référence	L'objet ou sa fonction	Unité fonctionnelle (même définition que pour ACV)	Système
Complémentarité avec une évaluation ACV	Non	Oui (risque de double comptage et d'incohérences)	Oui (risque de double comptage et d'incohérences)
Actualisation des flux monétaires	Oui	Oui	Oui, mais à un taux d'actualisation sociale (proche de 0)

Source : Hunkeler et al. (2008)

¹⁹ En pratique le périmètre de la taxe ou de la subvention doit être étudié avec soin car ceux-ci peuvent s'appliquer à seulement une étape du cycle de vie. Par exemple une taxe sur le CO₂ qui ne concernerait que l'énergie consommée pour le fonctionnement d'un système mais pas pour sa fabrication.

II.2.5. UTILITÉS DES DIFFÉRENTS TYPES DE LCC

Tableau 2 : exemple d’apports du LCC selon le type d’acteur et la portée de l’étude

Utilisation		Acheteur	Producteur
Interne	Conventionnel	<ul style="list-style-type: none"> Choisir l'option d'investissement/achat qui minimise le coût d'acquisition, d'opportunité, d'utilisation et de fin de vie d'un objet Connaitre les facteurs de coûts afin d'évaluer les besoins futurs de ressources financières 	<ul style="list-style-type: none"> Choisir la stratégie de production qui minimise les coûts du cycle de vie et donc améliore sa compétitivité Connaitre les facteurs de coûts pour faire des choix stratégiques concernant l'allocation de ressources et identifier les risques Évaluer la viabilité économique des projets ou produits
	E-LCC (objectifs supplémentaires à ceux du conventionnel)	<ul style="list-style-type: none"> Choisir l'option d'investissement/achat écoresponsable qui prend en compte à la fois l'impact environnemental et les coûts du cycle de vie. 	<ul style="list-style-type: none"> Choisir la stratégie de production éco-efficace qui minimise l'impact environnemental ainsi que les coûts du cycle de vie.
	S-LCC (idem)	<ul style="list-style-type: none"> Choisir l'option d'investissement/achat durable qui prend en compte l'impact environnemental et social ainsi que les coûts du cycle de vie. 	<ul style="list-style-type: none"> Choisir la stratégie de production durable qui minimise l'impact environnemental et social ainsi que les coûts du cycle de vie.
Externe	Conventionnel	<ul style="list-style-type: none"> Communiquer sur des pratiques budgétaires responsables qui prennent en compte les coûts futurs et pas uniquement les présents 	<ul style="list-style-type: none"> Communiquer sur la compétitivité du produit, compte tenu des coûts d'utilisation et de fin de vie
	E-LCC (objectifs supplémentaires à ceux du conventionnel)	<ul style="list-style-type: none"> Communiquer sur des pratiques d'investissement/achat écoresponsables. 	<ul style="list-style-type: none"> Communiquer sur des pratiques de production écoresponsables Mettre en avant des produits écologiques.
	S-LCC (idem)	<ul style="list-style-type: none"> Communiquer sur des pratiques d'investissement/achat durables. 	<ul style="list-style-type: none"> Communiquer sur des pratiques de production durables Mettre en avant des produits durables.

II.3. En résumé

Les LCC se caractérisent par 4 facteurs :

- **L'inclusion ou non de toutes les étapes du cycle de vie** : raisonner sur son propre périmètre, sur celui de sa chaîne de valeur, voire sur celui de l'ensemble des acteurs concernés directement et indirectement par le produit étudié. Ainsi un producteur peut ne pas prendre en compte le coût d'utilisation si le consommateur lui-même n'en tient pas compte lors de son achat (ex : électricité pour utiliser un sèche-linge) ou s'il juge l'étape négligeable
- **L'inclusion ou non des coûts économiques qui ne reflètent pas l'utilisation de facteurs économiques** :
 - Soit on considère tous les coûts supportés par les acteurs qui achètent/produisent l'objet (approche « financière »),
 - Soit on considère uniquement les coûts qui reflètent l'utilisation de facteurs économiques : matières premières, sol, temps des personnes, capital et donc à l'exclusion des taxes et impôts qui n'internalisent pas un impact (TVA, charges sociales, taxe de surface de bureau...) (approche « développement durable »)
- **L'inclusion ou non de coûts économiques internes non directement subis par les acteurs qui achètent/produisent l'objet** : certains coûts pris en charge par des acteurs qui ne font pas partie de la chaîne de valeur (ex : coût de la gestion des déchets pris en charge par les municipalités, coût d'entretien des routes par les Autorités) peuvent être pris en compte
 - Soit pour évaluer le risque en cas d'internalisation
 - Soit dans une approche purement « développement durable »
- **L'inclusion ou non des externalités liées aux impacts environnementaux et sociaux (approche développement durable)** : ces impacts peuvent être pris en compte de façon
 - Partielle, uniquement les externalités environnementales susceptibles d'être à terme intégrées dans les coûts futurs (ex : Environmental LCC)
 - Totale, toutes les externalités (Societal LCC)

III. Mettre en œuvre le LCC

III.1. Méthodologie

Plusieurs directives et références de l'industrie concernent la mise en œuvre du LCC (cf. annexe A). En synthétisant ces différentes méthodologies proposées par les industries et les milieux académiques, Kawauchi et Rausand (1999) ont proposé une structure composée de six étapes :

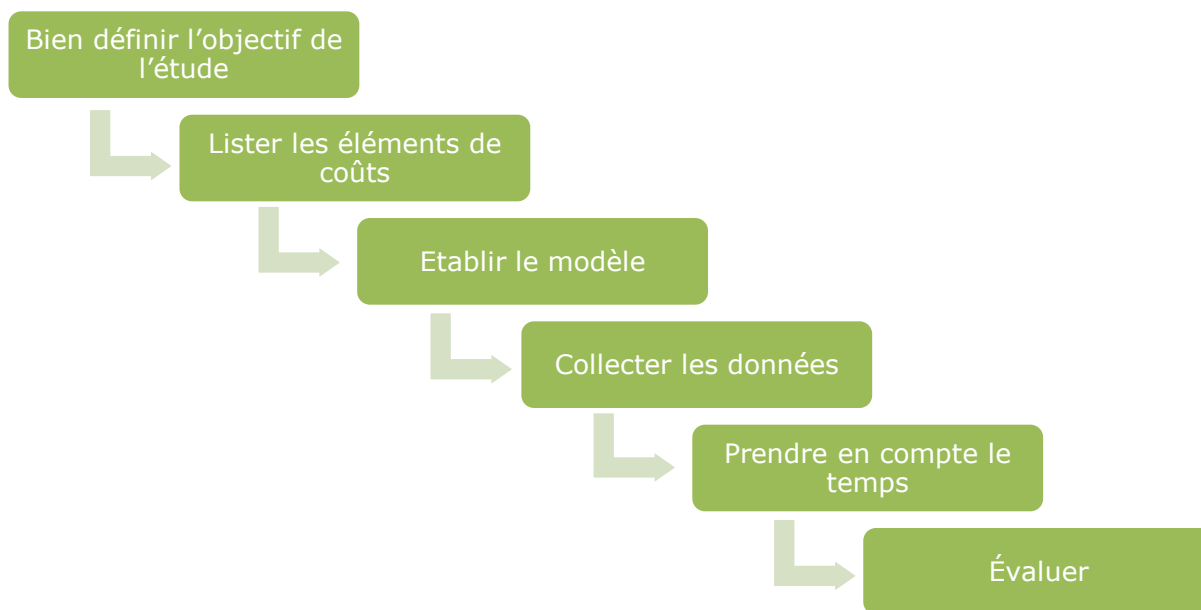


Figure 4 : étapes du LCC

III.1.1. BIEN DÉFINIR L'OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Cette étape a pour objectif de définir le but et la portée du LCC. C'est dans celle-ci que sont annoncés :

- Quel est l'objectif de l'étude ?
- Quel est le type de LCC qui sera réalisé ? Quelle approche (financière ou développement durable) ?
 - LCC conventionnel
 - E-LCC
 - S-LCC
- Quel est le public cible (communication interne ou externe) ?
- Quelle est la perspective de l'analyse ?
 - Producteur
 - Acheteur
 - Une combinaison des deux

- Sociétal (prise en compte de tous les acteurs, secteur public inclus)

L'objet d'étude est clairement identifié et défini. Les limites du système sont fixées. L'auteur va déterminer les phases du cycle de vie qui seront étudiées ainsi que les activités et procédés associés à l'objet. Il décide également si les taxes sont incluses. Il convient de préciser également :

- Quels sont les produits/services/systèmes analysés (si plusieurs alternatives sont étudiées) ?
Par exemple
 - Véhicule « A » à essence
 - Véhicule « B » hybride
 - Véhicule « C » électrique
- Quelle est la période de temps considérée ?

III.1.2. LISTER LES ÉLÉMENTS DE COÛTS

Le principe du LCC (LCT) est de faire une analyse holistique ; il est donc nécessaire d'identifier **tous les éléments générateurs de coûts** associés à l'objet étudié. La méthode préconise le développement d'une structure des coûts qui explicite tous les éléments à intégrer dans l'analyse (Kawauchi et Rausand 1999 ; Bescherer 2005). Cette structure est développée sur deux dimensions principales :

- Une dimension temporelle qui fait référence aux phases du cycle de vie
 - Recherche et développement ;
 - Production de matériaux et composantes ;
 - Production ;
 - Utilisation et maintenance ;
 - Gestion de fin de vie.
- Une dimension typologique qui fait référence aux facteurs de l'activité économiques
 - Ressources (inputs, consommables, terrain) ;
 - Travail ;
 - Capital ;
 - Facteurs non liés à la production (taxes, bénéfices)

En fonction de la complexité de l'objet, par exemple lorsque celui-ci se compose de sous-parties ou sous-systèmes, une troisième dimension peut être ajoutée :

- L'arborescence du produit ou l'organigramme des tâches.

Exemple d'une machine à laver

Du point de vue du **consommateur** la structure des coûts d'une machine à laver est représentée par :

	Acquisition	Utilisation	Fin de vie
Ressources	Prix d'achat	Consommables : - énergie - eau - détergent - adoucissant - amortissement	Élimination/Gate Fee
Transport	Frais de livraison		Apport en déchèterie
Travail	Frais d'installation	Contrats de maintenance	
Facteurs non liés à la production	Taxes	Taxes	

(Note : les coûts associés aux étapes de production sont approximés par le coût d'acquisition)

Comme cela a été mentionné à plusieurs reprises, le LCC dépend fortement de l'objectif fixé et de l'approche choisie ; l'approche définit ensuite le périmètre des coûts qui seront considérés.

Nota bene : le praticien LCC dispose d'une certaine flexibilité pour omettre les coûts qu'il juge non-significatifs (simplification du LCC).

III.1.2.1. Faut-il comptabiliser les coûts ou les prix ?

L'approche choisie définit le type de flux monétaire qui doit être comptabilisé : les prix ou les coûts des inputs.

- Les coûts des inputs sont associés aux coûts des facteurs de production nécessaires pour sa production (main d'œuvre, capital, matières premières, etc.).
- Les prix intègrent généralement les coûts, les taxes et les bénéfices (ou profit).

Dans un système macroéconomique, les taxes²⁰ et les bénéfices sont des transferts qui ne représentent pas des coûts économiques réels pour le système, car ils n'impliquent que le seul transfert du contrôle de certaines ressources monétaire d'un groupe de la société à un autre.

²⁰ À l'exception des taxes pigouviennes.

Donc,

- Dans un S-LCC, qui couvre le système macroéconomique élargi, il faut comptabiliser les coûts (pas les taxes ni les profits)²¹ ;
- Dans un **LCC conventionnel** et un **E-LCC** qui ne couvrent pas le système élargi, il faut **comptabiliser les prix**.

III.1.2.2. Comment allouer les coûts indirects ?

Pour le calcul du LCC, tous les coûts, directs et indirects²², doivent être associés à un objet précis ; il est donc fondamental d'identifier et d'allouer les coûts tels que les frais généraux (le chauffage, le marketing, le service après-vente, la recherche, etc.) à l'objet étudié.

Un point d'attention de modélisation est, comme en ACV, l'allocation des coûts entre procédés et entre produits. Lorsqu'un système ou objet générateur de coûts est contenu dans un autre, son coût spécifique peut être caché. D'après Swarr et al., deux méthodes pourraient être utilisées pour assigner les frais généraux à un objet particulier :

- **L'Activity Based Costing (ABC)** ; méthode d'allocation qui associe les coûts aux activités principales d'une organisation (cf. annexe 0).
- Une méthode traditionnelle alternative à l'ABC dans laquelle les frais généraux d'une entreprise sont répartis proportionnellement aux coûts directs générés par un objet (*par exemple, les coûts du marketing représentent 10 % des coûts totaux, donc le coût du marketing d'une voiture est 10 % de son coût total*).

Les problèmes d'allocation peuvent être complexes et ne se limitent pas aux frais généraux. Les méthodes proposées ne sont donc pas pertinentes pour l'ensemble des cas. D'autres méthodes doivent être envisagées en fonction des scénarios et problématiques.

Les méthodes d'allocation utilisées en pratique pour définir les politiques de prix peuvent être utilisées par défaut. Ainsi, si le marché fixe les prix de deux co-produits (ex : le cuir et le lait d'une vache), ces prix de marché donnent une allocation implicite des coûts.

III.1.2.3. Comment identifier les coûts internes ?

La règle générale est que si un facteur (de coûts) associé au cycle de vie de l'objet génère un flux monétaire alors il faut l'inclure.

III.1.2.4. Comment identifier les coûts externes ?

Les coûts externes peuvent recouvrir 2 types de périmètres :

- Les coûts environnementaux externes pris en compte si on souhaite réaliser un E-LCC ;
- L'ensemble des coûts externes (environnementaux et sociaux) pris en compte si on souhaite réaliser un S-LCC.

À notre connaissance, il n'existe pas dans la littérature de guide ou de méthode standard pour identifier les externalités environnementales et sociales et puis les monétariser²³ afin de les intégrer en tant que coûts externes du LCC. Pour l'identification des externalités nous proposons deux options :

²¹ En pratique, pour un acheteur, l'information sur les coûts n'est pas forcément accessible ; si les fournisseurs ne sont pas transparents sur leurs coûts, l'information doit être estimée. Nous proposons trois techniques d'estimations mentionnées dans la littérature, celles-ci sont présentées dans la section III.1.4.1

²² Les coûts indirects comportent les charges qu'on ne peut pas attribuer précisément à un produit (location des locaux commerciaux, matériel informatique et téléphonique, publicité et marketing).

²³ Estimer la valeur monétaire des impacts environnementaux et sociaux finaux d'une activité sur la société

- L'identification des externalités environnementales via l'ACV est faite en parallèle (d'où l'importance du couplage du LCC avec l'ACV).
- L'identification des externalités sociales via une ACV sociale (ou S-ACV pour son sigle en Anglais, cf. annexe 0).

Une fois les externalités identifiées, elles doivent être monétarisées afin d'être intégrées en tant que coûts dans le calcul du E-LCC et S-LCC. Or, les techniques de monétarisation sont actuellement amplement débattues (une norme ISO sur la monétarisation des impacts environnementaux devrait être publiée fin 2018 ; voir aussi l'étude SCORELCA sur la monétarisation)²⁴. Nous n'abordons pas ces techniques dans le cadre de cette étude.

Pour les acteurs qui adoptent l'approche développement durable, le périmètre des coûts à prendre en compte est plus difficile à tracer. Il n'y a pas de règle ou justification théorique pour une méthode spécifique ; le choix final dépend de l'acteur et du type de LCC :

- **Pour l'E-LCC**, les coûts externes requièrent des recherches de données complémentaires. La définition de l'E-LCC donne une bonne indication de quels coûts environnementaux externes sont à inclure. Pour rappel :

« L'évaluation de tous les coûts associés au cycle de vie d'un produit qui sont directement couverts par un ou plusieurs des acteurs du cycle de vie (fournisseur, fabricant, utilisateur ou consommateur et/ou acteur fin de vie), avec l'inclusion des externalités qui sont prévues d'être internalisées dans le futur pertinent pour la prise de décision » (Rebitzer et Hunkeler, 2003)

Ainsi, les coûts environnementaux externes qui doivent être pris en compte sont **uniquement ceux qui sont prévus d'être internalisés** (par exemple via une taxe qui est prévue d'être mise en place par les autorités publiques). L'E-LCC n'englobe pas l'ensemble des impacts environnementaux d'un objet, d'où l'intérêt de le coupler avec une ACV. Le périmètre des coûts environnementaux externes **dépendra donc du contexte réglementaire et des prévisions des acteurs**.

- **Pour le S-LCC**, le principe est d'être exhaustif en ce qui concerne la prise en compte des externalités sociales et environnementales liées au cycle de vie d'un objet.

Nota bene : dans tous les cas, les coûts internes sont les mêmes pour l'E-LCC et le S-LCC ; ces coûts constituent la base du calcul et ils sont pris en compte indépendamment du type de LCC réalisé.

III.1.3. ÉTABLIR LE MODÈLE

III.1.3.1. Construire un système d'équations

La structure de coûts doit être accompagnée **d'un système d'équations (c'est-à-dire un modèle) permettant de la quantifier**. L'exercice consiste à établir des relations entre les différents inputs (consommation énergétique, main-d'œuvre, etc.) et leur utilisation au cours du cycle de vie afin d'estimer les coûts. *Par exemple, pour une machine à laver :*

- coût de l'électricité (€/an) = Prix de l'électricité (€/kWh) * Consommation électrique par cycle de lavage (kWh) * Nombre de cycles de lavage (par an) ;
- coût du détergent (€/an) = Prix du détergent (€/ml) * Consommation détergent par cycle de lavage (ml) * Nombre de cycles de lavage (par an).

²⁴ ISO 14008 - Évaluation monétaire des impacts environnementaux et des aspects environnementaux connexes

Au cours de cette phase, **les éléments d'incertitude** tels que les cours futurs du prix de l'énergie sont identifiés. Ainsi, comme pour la modélisation ACV, un certain nombre d'hypothèses doivent être posées, notamment concernant la durée de vie, l'évolution des prix et/ou les périodes d'utilisation/maintenance.

III.1.3.2. Eviter les doubles comptages

Nous distinguons deux actions qui entraîneraient des doubles comptages :

- La prise en compte des coûts des inputs à chaque étape de la chaîne de production ;
- La comptabilisation des impacts environnementaux/sociaux dans le LCC (via la monétarisation des externalités et la prise en compte des taxes pigouviennes¹⁷) et dans les analyses environnementales et sociales réalisés en parallèle.

III.1.3.2.1. Double comptage des coûts des inputs

La première source de double comptage concerne uniquement les étapes de production du cycle de vie d'un objet. Les coûts des inputs utilisés dans les étapes en amont de la chaîne de production (c'est-à-dire, extraction des matières premières, production de composantes, production du bien final) sont répercutés sur les coûts des outputs en aval ; in fine, tous les coûts des inputs en amont sont répercutés sur le coût de l'output final.

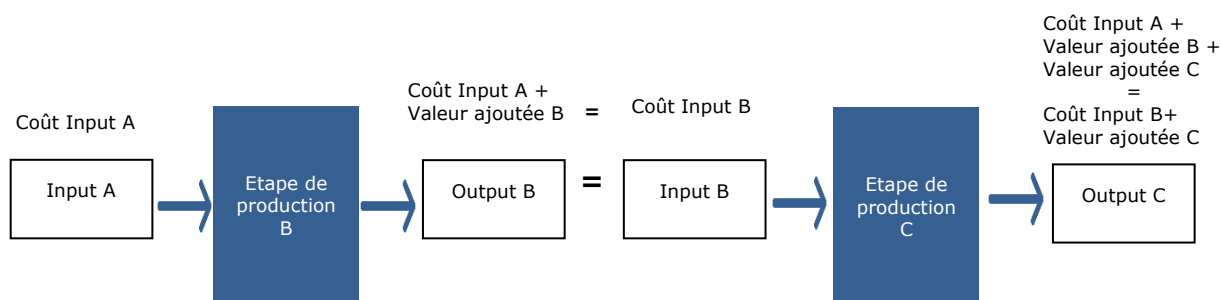


Figure 5 : doubles comptages dans la chaîne de valeur

Par exemple, le coût du caoutchouc est déjà intégré dans le coût des pneus. Il y aura un double comptage si le praticien additionne le coût du caoutchouc et le coût des pneus.

Ainsi, pour comptabiliser correctement les coûts générés par un objet lors de l'étape de production en évitant les doubles comptages il faut :

- Soit comptabiliser uniquement la valeur ajoutée à chaque étape de production, plus le coût des inputs initiaux²⁵ ;
- Soit comptabiliser uniquement le coût de l'output final.

III.1.3.2.2. Double comptage des impacts environnementaux et sociaux

Le problème survient lorsque le LCC est réalisé en parallèle d'autres méthodes d'évaluation d'impact environnemental et/ou social, typiquement lors de la réalisation du E-LCC ou S-LCC en combinaison avec l'ACV. Il y a un double comptage :

- Lorsque les impacts environnementaux et/ou sociaux (les externalités) sont monétarisés et intégrés dans l'étude E-LCC et/ou S-LCC et comptabilisés également dans les évaluations environnementales et sociales parallèles ;

²⁵ Attention, la valeur ajoutée de chaque acteur intègre (entre autres) sa marge. Si le praticien réalise un S-LCC la marge devrait être retranchée.

- Lorsque les impacts environnementaux et/ou sociaux (les externalités) sont intégralement ou partiellement internalisés dans le LCC (indépendamment du type) via des taxes pigouviennes¹⁷ et que cette internalisation n'est pas prise en compte dans les évaluations environnementales et/ou sociales parallèles.

Le problème du double comptage lors de la réalisation combinée d'un LCC (indépendamment du type) et d'une ACV n'est pas intuitif car les flux étudiés ne sont pas les mêmes ; comme la méthode des E-LCC et S-LCC préconise la monétarisation des impacts environnementaux et sociaux (les coûts externes) qui sont susceptibles d'être internalisés dans le futur (par exemple les effets finaux de l'émission de SO₂), ils expriment l'effet environnemental en unités monétaires ; donc, comme ces effets monétarisés sont pris en compte à la fois dans l'ACV et dans le LCC, il faut les décompter dans l'un des deux volets quand on les additionne pour calculer l'effet global.

III.1.4. COLLECTER LES DONNÉES

III.1.4.1. Sourcer les données

En fonction de la disponibilité de l'information, deux types de sources sont envisageables :

- **Données existantes** (cf. section 0)
 - **Données génériques** : données tirées de bases de données publiques telles que Eurostat pour les prix historiques de l'électricité ou des carburants ou le London Metal Exchange (LME) pour les prix des métaux ; ou
 - **Données spécifiques** : l'information est directement transmise par les producteurs/fournisseurs
- **L'estimation des données si celles-ci ne sont pas connues** ; trois méthodes d'estimation sont citées dans la littérature (Fabrycky and Blanchard, 1991) :
 - Estimation par des procédures d'ingénierie

Au travers de cette technique, les coûts sont attribués à chaque élément au niveau le plus bas de détail de la conception²⁶, puis combinés et additionnés en un total pour l'obtention du coût total du produit ou du système. Cette méthode soulève deux problèmes principaux :

 - La nécessité de disposer ou avoir accès à des données détaillées ; et
 - Un travail de calcul poussé, nécessitant du temps et de l'expertise.

Cependant, l'estimation par des procédures d'ingénierie peut se révéler précise. Elle peut aussi être faite une fois de façon approfondie pour être intégrée dans une base de données.
 - Estimation par analogie

Cette technique cherche à estimer les coûts d'un objet « A » en fonction des données historiques d'un objet « B » comparable et pour lequel on dispose de données.
 - Estimation par paramétrisation : les coûts sont estimés via l'analyse statistique des bases de données historiques.

²⁶ Les ingénieurs vont donc reconstruire virtuellement l'objet afin d'estimer son coût. Pour une pizza par exemple, ils estiment le coût de la pizza en prenant compte le coût de la farine, du fromage, des tomates, de l'énergie pour le four...

III.1.4.2. Caractériser les données

Dans tous les cas, il est nécessaire de caractériser les données utilisées, qu'elles soient issues de bases de données ou d'estimations.

L'approche de l'analyse de la qualité telle que proposée par l'ACV peut aider en analysant les dimensions suivantes :

- Représentativité géographique de la donnée

Les données de coûts sont-elles adaptées à la zone géographique étudiée (risque de prise en compte d'une donnée trop macro parfois ou non transposables à certains pays) ?

- Représentativité temporelle

La donnée représente-t-elle les coûts au moment de la période étudiée ? Comment la ramener à sa valeur présente (par exemple, un prix exprimé en Euros des années 2007 peut être exprimé en Euros des années 2017 avec un calculateur d'inflation) ?

- Représentativité technologique

Les coûts représentent-ils au mieux les procédés de production étudiés et leur spécificité ?

Dans le cas d'une donnée estimée, il convient également de valider dans quelle mesure la méthode d'estimation est appropriée à l'objet étudié.

Le cas échéant, si une grande incertitude existe sur ces données et qu'elle est difficilement réductible, il pourra être opportun de conduire des analyses de sensibilité sur certaines données pour mesurer si les résultats y sont sensibles.

Exemple d'une machine à laver

Les données suivantes sont disponibles :

Donnée		Unité	Source
Durée	10	ans	Hypothèse interne
Taux d'actualisation	4	%	Hypothèse interne
Prix de l'énergie	0.15	€/kWh	EDF
Prix de l'eau	0.004	€/lt	Observatoire national des services d'eau et d'assainissement
Prix détergent	2.25	€/lt	Observation dans les commerces
Prix adoucissant	2.50	€/lt	Observation dans les commerces
Variation annuelle des prix	2	%	Cible d'inflation de la Banque Centrale Européenne
Nombre de cycles de lavage par an	220	-	Nombre standard déterminé dans le règlement délégué UE N° 1061/2010

Sur la base des données collectées et du modèle élaboré lors de l'étape précédente (cf. section III.1.3), nous obtenons les coûts suivants pour deux machines à laver :

	Machine A	Machine B	Unité
Acquisition			
Prix	449.00	400.00	€/pièce
Frais de livraison et d'installation	20.00	20.00	€/pièce
Utilisation			
Consommation d'énergie	28.41	31.09	€/an
<i>énergie par cycle de lavage</i>	0.87	0.95	KWh/cycle
Consommation d'eau	45.24	50.22	€/an
<i>eau par cycle de lavage</i>	49.55	55.00	lt/cycle
Consommation de détergent	24.75	24.75	€/an
<i>détergent par cycle de lavage</i>	0.05	0.05	lt/cycle
Consommation d'adoucissant	27.50	27.50	€/an
<i>adoucissant par cycle de lavage</i>	0.05	0.05	lt/cycle
Coûts d'entretien et de maintenance	20.00	20.00	€/an
Fin de vie			
Coûts d'élimination	5	5	€/pièce
Valeur résiduelle	0	0	€/pièce
	Données calculées		
	Données collectées		

(Note : pour simplification, les taxes sont supposées incluses dans le prix d'acquisition, des services annexes et des consommables)

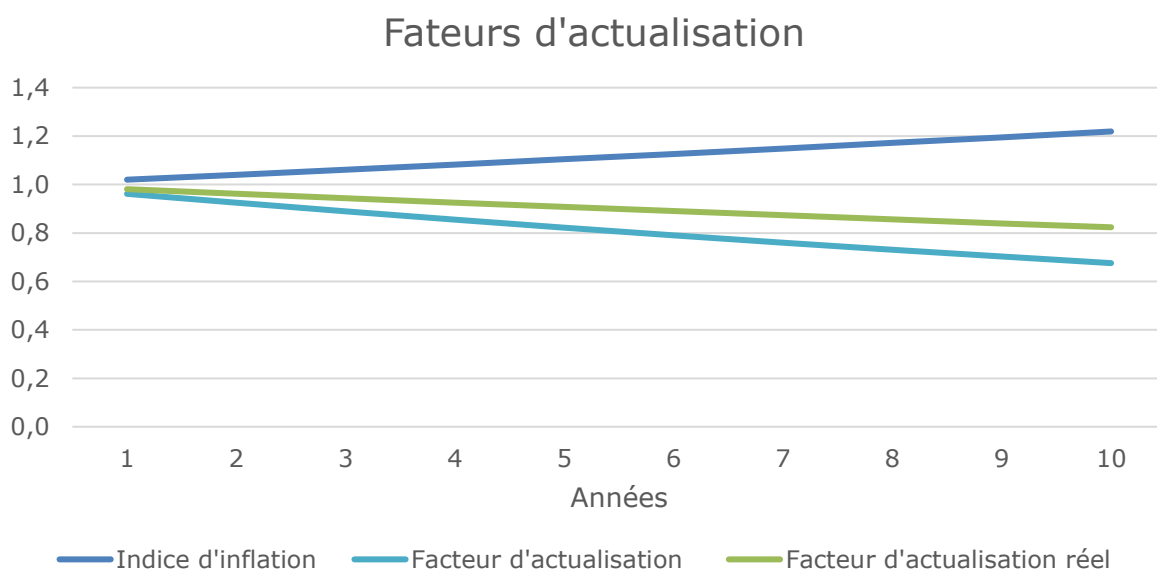
III.1.5. PRENDRE EN COMPTE LE TEMPS

III.1.5.1. Pourquoi faut-il prendre en compte la dimension temporelle ?

La valeur monétaire d'un même type de coût (par exemple le coût lié à la consommation d'électricité) varie en fonction du temps à cause de :

- La valeur temps de l'argent ; et
- La variation des prix des inputs.

D'une part, la variation de prix des inputs a un effet majorant sur les coûts futurs ; généralement la variation des prix est positive à moyen et long terme. D'autre part, le taux d'actualisation a un effet minorant sur les coûts futurs ; « **l'argent demain vaut moins que l'argent aujourd'hui** ». **Ainsi, le taux d'actualisation étant généralement supérieur au taux d'inflation, l'effet combiné est toujours un facteur minorant des coûts futurs.**



III.1.5.1.1. La valeur temps de l'argent

L'unité de mesure des flux dans une évaluation LCC est l'argent, or celui-ci n'a pas la même valeur dans le temps ; du fait de l'incertitude et des risques associés aux activités économiques, une unité monétaire aujourd'hui a plus de valeur qu'une unité monétaire dans le futur. Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, un coût aujourd'hui pèse davantage que le même coût demain. **En conséquence, la méthode LCC préconise l'actualisation de flux monétaires pour des durées supérieures à deux ans.** Selon l'objet évalué, l'objectif et la portée de l'étude, le taux d'actualisation varie habituellement de **0 % à 15 % (Hunkeler et al. 2008)**. Il est d'ailleurs recommandé de toujours réaliser une **analyse de sensibilité** (c'est à dire, faire varier le taux d'actualisation) pour évaluer l'influence du choix méthodologique concernant le taux d'actualisation. Si le choix du taux d'actualisation influe fortement sur le classement global des options évaluées, il convient d'en discuter de manière critique et de mentionner les incertitudes associées dans l'interprétation.

III.1.5.1.2. La variation des prix

Les résultats du LCC dépendent fortement des prix des inputs. La prise en compte de la dimension temporelle passe également par l'intégration de la variation des prix dans le calcul. Ainsi, des hypothèses concernant l'évolution des cours tels que les prix de l'énergie ou des matériaux de

construction doivent être posées. En LCC il faut donc raisonner en termes réels, c'est-à-dire en corrigeant les effets de l'inflation (cf. section III.1.5.4)

III.1.5.2. Quel taux d'actualisation choisir ?

Il n'y a pas de règle absolue pour choisir un taux d'actualisation. Le choix dépend de l'objectif et de l'approche (financière ou développement durable) LCC choisis par l'acteur réalisant l'étude.

Si l'approche est financière :

- Une entreprise privée (perspective du producteur), où les choix stratégiques sont faits sur la base de critères de rentabilité, le choix portant sur le taux d'actualisation doit prendre en compte le coût d'emprunt sur les marchés financiers (taux d'intérêt bancaires). Généralement, les entreprises et organisations utilisent des taux d'actualisation fixés en interne par le service financier ; il faut donc demander au service financier quel est le taux utilisé par la compagnie. Généralement, le taux d'actualisation des entreprises correspond (Swarr et al., 2011) :
 - au Taux de Rentabilité Interne (TRI)²⁷ ;
 - au Coût Moyen Pondéré du Capital (CMPC)²⁸.
- Pour le secteur public, le choix du taux d'actualisation se base sur le coût d'emprunt public, c'est-à-dire le taux des obligations d'État²⁹. Le taux obligataire varie en fonction de la durée (par exemple, obligation France 10 ans, obligation France 20 ans...). Ainsi, le choix du taux doit être fait en fonction de la durée de vie de l'objet étudié.
- Un consommateur privé peut également se référer aux taux d'intérêts observés dans le marché. Il est préconisé de prendre une valeur correspondante au taux des obligations de l'État + 2 % (Swarr et al, 2011). Cette majoration du coût d'emprunt s'explique par la plus grande prise de risque d'un acteur privé vis-à-vis du reste de l'économie.

Le *Societal* et *Environmental* LCC cherchent à monétariser des externalités qui pourraient avoir un impact dans le futur ; actualiser ces externalités (coûts externes) traduirait le fait que nous accordons plus de poids aux impacts négatifs aujourd'hui qu'aux mêmes effets dans le futur. Supposons que la toxicité liée à la fabrication et utilisation d'un objet aura un impact sur la santé, en termes de perte d'années de vie, et que cet impact est monétarisé lors de la réalisation d'un LCC sociétal ; actualiser cet impact social traduirait l'idée que nous accordons plus d'importance à une vie aujourd'hui qu'à une vie dans le futur.

Donc, si l'approche est celle du développement durable :

- Le choix ne dépend plus de la perspective (acheteur, producteur ou pouvoir publique).
- Dans une perspective de responsabilité intergénérationnelle, le taux utilisé doit être bas (entre 2 et 0.01 %) ; plus le taux d'actualisation est bas plus on accorde de la valeur au futur.

III.1.5.3. Quel taux d'inflation utiliser ?

Il n'existe pas non plus de méthode générique pour l'élaboration de ces hypothèses ; **l'évolution des prix dépend de nombreux facteurs externes (macroéconomiques, géopolitiques, climatiques, etc.)**. Bien que l'information existe, elle est généralement privée et/ou limitée au court terme. Deux options peuvent être envisagées :

²⁷ « Le taux de rentabilité interne ou TRI d'un investissement est synonyme du taux de rentabilité de cet investissement. En clair, c'est le taux d'actualisation pour lequel la valeur actuelle nette de l'investissement (revenus futurs – coûts de l'investissement) est nulle » Les Echos.

²⁸ « Le coût moyen pondéré du capital est le taux de rentabilité minimal exigé par les pourvoyeurs de fonds de l'entreprise (actionnaires et créanciers) pour financer ses projets d'investissement » Les Echos.

²⁹ Taux d'intérêt auquel un État peut emprunter dans les marchés internationaux.

- Généralement, les grands groupes et organisations telles que les fédérations industrielles réalisent **leurs propres prévisions d'inflation**. Ainsi, l'acteur réalisant le LCC doit se renseigner en interne si l'entreprise dispose des prévisions d'inflation des inputs concernés.
- À défaut d'informations internes, le praticien peut prendre comme hypothèse **la cible d'inflation de l'institution chargée de la politique économique** (par exemple en Europe, la Banque Centrale Européenne a une cible d'inflation de 2 %).

Il est également recommandé de toujours réaliser une analyse de sensibilité (c'est à dire, faire varier l'hypothèse d'inflation) pour évaluer l'influence des hypothèses concernant l'évolution des prix.

III.1.5.4. Comment intégrer la dimension temporelle dans le calcul ?

Sur base du modèle et des éléments de coûts, la répartition des coûts au cours du temps peut être calculée pour la période étudiée et représentée sous la forme d'un profil de coût. Ainsi, chaque coût est associé à une période précise. La dimension temporelle est généralement prise en compte :

- En actualisant les coûts futurs
- En intégrant dans le calcul une hypothèse sur l'évolution des prix

L'actualisation est une méthode pour tenir compte de la valeur temps de l'argent. Étant donné que le LCC considère les coûts qui seront supportés dans le futur, il est nécessaire de les ramener à leur valeur actuelle.

La Valeur Actuelle Nette (VAN) est donnée par la relation suivante :

Équation 1

$$VAN = \sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1+q)^n}$$

Où :

C_n est le coût encouru l'année n ;

q est le taux d'actualisation nominal ;

n est l'année spécifique dans le cycle de vie ; et

T le nombre total d'années prises en compte pour l'analyse du cycle de vie.

Comme indiqué dans la section précédente (cf. section III.1.3), les coûts subis par l'acteur sont une fonction des prix des inputs et ceux-ci évoluent en fonction du temps. Une façon d'intégrer l'hypothèse d'évolution des prix est en utilisant la formule de Fisher³⁰ (Commission Européenne, 2014) :

Équation 2

$$r = q - \Delta p$$

Où :

r est le taux d'actualisation réel

Δp est la variation des prix (inflation).

En intégrant la formule de Fisher, à l'Équation 1 nous obtenons la valeur actuelle nette prenant compte de la variation des prix ; la somme actualisée des coûts ainsi obtenue est égale au LCC.

³⁰ Forme simplifiée de la formule de Fisher originale qui est $(1+r) = (1+\Delta p) / (1+q)$

Équation 3

$$VAN(\Delta p) = LCC = \sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

Cette méthode est adéquate lorsque l'acteur réalisant le LCC ne dispose pas de l'information détaillée sur l'évolution des prix et adopte une hypothèse d'inflation³¹ constante. Lorsqu'il dispose de plus d'information et est en mesure d'associer une variation de prix à une période donnée, il pourrait utiliser la méthode suivante :

Supposons que $T=4$ et pendant les 2 premières années nous estimons une inflation de Δp_1 et de Δp_2 les 2 années restantes

Équation 4

$$VAN = LCC = \frac{C_1(1 + \Delta p_1)}{(1 + q)} + \frac{C_2(1 + \Delta p_1)^2}{(1 + q)^2} + \frac{C_3(1 + \Delta p_1)^2(1 + \Delta p_2)}{(1 + q)^3} + \frac{C_4(1 + \Delta p_1)^2(1 + \Delta p_2)^2}{(1 + q)^4}$$

Exemple d'une machine à laver

Pour notre exemple de machine à laver, où Δp est constant et égal à 2 % et le taux d'actualisation est 4%, nous obtenons le profil temporel suivant :

(En €)	Année	Coût A	Coût B	Flux actualisé A	Flux actualisé B
Acquisition	0	469.00	420.00	469.0	420.0
Utilisation	1	125.90	133.55	123.5	131.0
	2	145.90	153.55	140.3	147.7
	3	145.90	153.55	137.6	144.9
	4	145.90	153.55	135.0	142.1
	5	145.90	153.55	132.4	139.3
	6	145.90	153.55	129.9	136.7
	7	145.90	153.55	127.4	134.0
	8	145.90	153.55	124.9	131.5
	9	145.90	153.55	122.5	128.9
	10	145.90	153.55	120.1	126.5
Fin de vie	10	5.00	5.00	4.1	4.1

(Note : dans cet exemple, les flux concernant l'acquisition ne sont pas actualisés car ils sont déboursés immédiatement lors de l'achat)

³¹ L'inflation est définie comme une hausse soutenue du niveau général des prix des biens et services dans une économie et se mesure en pourcentage de variation annuelle.

III.1.6. CALCULER LES RÉSULTATS ET CONDUIRE DES ANALYSES DE SENSIBILITÉ

Le coût du cycle de vie est calculé pour le système à étudier et les éventuelles alternatives. L'analyse des résultats permet d'identifier les vecteurs de coûts, et ainsi par exemple déterminer la meilleure option à l'achat.

Exemple d'une machine à laver

En additionnant les flux annuels actualisés qui ont été calculés à l'étape précédente nous obtenons :

	Machine A	Machine B
Acquisition	469.00€	420.00€
Utilisation	1 293.60€	1 362.53€
Fin de vie	4.12€	4.12€
LCC	1 766.72€	1 786.65€

Dans cet exemple, la machine à laver qui affichait le coût d'acquisition le plus faible présente le LCC le plus élevé parmi les deux options. Ceci s'explique par le fait que la machine B est plus consommatrice d'énergie et d'eau.

Une analyse de sensibilité doit être réalisée pour identifier les facteurs ayant les impacts les plus significatifs ou pour évaluer l'effet de certaines hypothèses ainsi que des variations des paramètres. De la même façon, l'effet des incertitudes sur les données doit être évalué. Telle que décrite par Christensen et al. (2005), l'analyse de sensibilité permet de faire varier de façon simultanée les valeurs de coûts selon des distributions de probabilité et d'obtenir une distribution cumulée de coûts de cycle de vie.

III.2. Les outils disponibles

Afin d'aider le praticien à conduire des LCC, des outils disponibles peuvent l'aider à :

- Définir la modélisation
- Collecter des données
 - Secondaires
 - Liées aux externalités
- Conduire les calculs
- S'assurer de n'oublier aucun paramètre clé
- Mener des analyses de sensibilité

III.2.1. LES BASES DE DONNÉES

Il n'existe pas de base de données dédiée pour la pratique du LCC, comme c'est le cas pour la pratique de l'ACV (bases de données Ecoinvent, GaBi...). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les données économiques, notamment les coûts, sont relativement plus dépendants de facteurs géographiques et de spécificités nationales/régionales (par exemple la réglementation, la taxation, la compétitivité et la concurrence des marchés locaux...) que les données techniques. Par exemple, la quantité de main d'œuvre nécessaire pour faire fondre 1 kg de granulés de polyéthylène avec une même technologie est approximativement la même en Europe qu'aux États-Unis ; en revanche, les coûts liés à cette main d'œuvre qui résultent du même procédé varient relativement plus entre les deux pays. **Cette stabilité relative des données techniques au niveau mondial justifie, dans une certaine mesure, leur compilation dans des bases de données globales (telles que Ecoinvent ou GaBi).**

De leur côté, les sources des données économiques, notamment celles qui concernent les prix, doivent être de préférence locales.

La revue bibliographique conduite confirme que les sources de données pour la réalisation d'un LCC sont généralement locales et spécifiques à l'objet étudié. Par exemple, dans une étude australienne qui cherchait à comparer le LCC de quatre technologies de transport, les données concernant la consommation de carburant d'un modèle spécifique de bus ont été transmises directement par le fournisseur (Volvo) et les données concernant le nombre d'heures par kilomètre ont été trouvées en interne dans l'entreprise de transport qui souhaitait calculer le LCC. Dans le cadre d'une étude qui cherche à calculer le LCC d'un nouveau système d'énergie pour un quartier résidentiel en Finlande, l'information sur les coûts de l'énergie a été directement transmise par l'entreprise locale d'énergie.³²

En résumé :

- Pour les données économiques concernant les prix, les praticiens du LCC devront se référer à des **bases de données nationales ou régionales** (du type Eurostat par exemple pour les données européennes sur les prix de l'énergie ou le London Metal Exchange pour les prix des métaux dans les marchés européens).
- Pour les données techniques nécessaires afin d'estimer les coûts (consommation d'essence d'une voiture pour parcourir un kilomètre) les praticiens LCC pourraient se référer
 - aux bases de données ACV ou directement aux fournisseurs ;
 - aux experts sectoriels, qui peuvent d'ailleurs faire partie de l'entreprise/institution qui souhaite réaliser le LCC

III.2.2. LES OUTILS LCC POUR L'ACHAT : PRÉSENTATION

Les outils informatiques identifiés dans le cadre de cette étude ont généralement été développés dans un objectif de comparaison de différentes options d'achat/investissement. Ils proposent une structure de coûts et un modèle du système adapté à des objets prédéfinis (voitures, ordinateurs, etc.). L'utilisateur ne doit pas établir lui-même une structure de coûts puisque celle-ci est déjà proposée par l'outil ; il doit uniquement encoder certaines informations, en général :

- Les coûts ;
- Les hypothèses sur la variation des prix ;
- Le taux d'actualisation souhaité ;
- Certaines caractéristiques opérationnelles telles que la consommation d'énergie.

³² Les cas d'étude analysés sont présentés plus en détail dans l'annexe E

Les outils ici présentés sont des fichiers Excel structurés fondamentalement de la même manière :

- Un tableau pour la saisie des informations proposant une structure de coûts en fonction des objets ;

N°	LIFE CYCLE PHASE	INPUT NAME	UNIT	
1	Purchase	Purchasing cost	EUR	
2		Delivery expenses	EUR	
3		Installation cost	EUR	
4	Use & end-of-life	Typical Energy Consumption (TEC)	kWh/year	
5		Idle mode consumption	W	
6		Sleep mode consumption	W	
7		Off mode consumption	W	
8		Operating hours in idle mode	Hours/year	
9		Operating hours in sleep mode	Hours/year	
10		Operating hours in off mode	Hours/year	
11		Warranty	Years	
12		Maintenance/service contract costs	EUR/year	
13		Estimated maintenance costs	%	
14	Expected product lifetime	Years		

Figure 6 : EU LCC Tool – structure des coûts d'un ordinateur

Life-cycle Costing (LCC) Information Input			
Discount rate		[%]	
Inflation rate		[%]	
Acquisition Costs			
Purchase price		[0/unit]	
or Specify annual investment costs >>	<input type="checkbox"/>		[Click to specify]
Installation costs for all units	<input type="checkbox"/>	[0]	
Initial one-off costs	<input type="checkbox"/>	[0]	
Operation Costs			
Total operating costs per year		[0/unit/year]	
or Specifv detailed operating costs >>	<input type="checkbox"/>		[Click to specify]
Maintenance Costs			
Total maintenance costs per year		[0/unit/year]	
or Specifv detailed maintenance costs >>	<input type="checkbox"/>		[Click to specify]
Other Costs			
Annual taxes / fees / subsidies or other costs	<input type="checkbox"/>	[0/unit/year]	
Remnant Value / End-of-Life Costs			
Remnant value / End-of-life-costs	<input type="checkbox"/>	[0/unit]	

Figure 7 : SMART-SPP EU PROJECT LCC AND CO2 – structure de coûts générique

- Tableau de saisie de paramètres :
 - Localisation géographique
 - Durée
 - Taux d'actualisation
 - Inflation

Information to be specified by the procurer			
Your location		[country]	[CHOOSE]
Planning horizon	<input type="checkbox"/>	[years]	
Discount rate (nominal)	<input type="checkbox"/>	[%]	
Inflation rate	<input type="checkbox"/>	[%]	

Figure 8 : SMART-SPP EU PROJECT LCC AND CO2

- Tableaux et graphiques explicitant les résultats.

L'analyse transversale de ces outils conduit aux conclusions suivantes. Les outils :

- N'intègrent ni des aspects environnementaux ni des aspects sociaux outre les émissions des GES ;
- Sont disponibles en ligne et téléchargeables gratuitement (les liens web vers les outils sont indiqués dans l'annexe G) ;
- Ont été conçus pour être pédagogiques et facilement utilisables ;
- Proposent des guides d'utilisation et incluent des boîtes de dialogue/commentaires expliquant l'information qui doit être encodée dans les tableaux.

En conséquence, ils permettent tous de faire du LCC conventionnel, mais pas plus (hormis l'outil européen, pour l'impact effet de serre uniquement).

Parmi les outils étudiés, nous recommandons particulièrement l'utilisation des outils suivants :

- l'outil LCC de la Commission Européenne pour l'évaluation des biens d'équipement (cf. annexe F.a)
 - Variété de produits avec une catégorisation des coûts adaptée à chaque type de bien
 - Adaptation possible en fonction du pays et devises (européennes)
 - Présentation des résultats (coûts directs, externalités et le total) en unités monétaires (l'impact environnemental des émissions de GES étant monétarisé)
- l'outil Clean Fleets pour l'évaluation des véhicules (cf. annexe F.c)
 - La catégorisation de coûts est totalement adaptée aux véhicules
 - L'outil inclut des prévisions d'évolution des prix de carburants (diesel, éthanol, électricité, etc.)
 - Il prend en compte des émissions outre le CO₂, à savoir NO_x, PM, et NMHC
- l'outil ZVEI pour l'évaluation de projets d'investissement (cf. annexe F.f)
 - Très détaillé ; il dispose de plusieurs catégories de coûts
 - Permet de réaliser une analyse de sensibilité des paramètres de coût et du taux d'actualisation
 - Adaptable à tout projet d'investissement

L'analyse approfondie des outils LCC pour l'achat sont disponibles dans l'annexe F.

IV. ACV – LCC : quelle possibilité de couplage ?

IV.1. Intérêt du couplage

En termes historiques et d'application, l'approche LCC précède l'approche ACV. La prise de conscience des convergences et synergies avec l'ACV est plus récente, de même que l'idée de combiner l'ACV et le LCC dans une évaluation plus complète, voire d'une manière intégrée (Heijungs, 2013 ; Norris, 2001). Bien qu'il y ait des différences pratiques entre les deux (le rôle de la dimension temporelle, l'asymétrie des hotspots économiques et environnementaux...) ³³, celles-ci ne constituent aucune barrière au couplage des méthodes et elles sont amplement compensées par leurs synergies.

- Le principal point de convergence est le fait que **les deux approches découlent du même principe de Life Cycle Thinking** et répondent aux deux mêmes questions : quel est l'impact (coût) de chaque étape du cycle de vie et quel est l'impact (le coût) total ?
- Appliquée aux produits, **l'analyse de l'éco-efficacité** devient étroitement liée à l'ACV pour la partie environnementale, or cette méthode doit être combinée avec un LCC afin de couvrir à la fois les dimensions économique et écologique (Kicherer et al., 2007).
- Il faut toutefois noter que l'utilisation de ces deux méthodes ne suffit pas pour répondre à la question de durabilité ; une troisième méthode, l'évaluation des impacts sociaux, est nécessaire pour couvrir les trois dimensions du développement durable. Bien que la prise en compte des aspects économiques et environnementaux (sans inclure des aspects sociaux) réponde uniquement à la question de viabilité, l'inclusion des aspects environnementaux dans la prise de décision s'inscrit dans une démarche vers la durabilité.

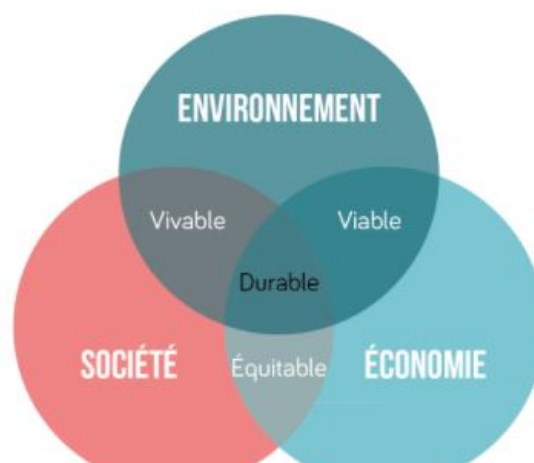


Figure 9 : développement durable

Dans cette perspective, l'objectif du couplage est *in fine* de permettre d'étudier la viabilité d'un produit ou d'un système. En intégrant les coûts externes liés à l'environnement, une étude LCC complétée avec une évaluation environnementale cherche également à déterminer les procédés éco-efficaces et viables ainsi que les pratiques d'achat écoresponsables. L'utilisation des deux outils de façon complémentaire peut également être utile pour répondre à des questions sur l'écoconception de l'objet étudié. Cette application étendue du LCC peut être particulièrement intéressante pour les décideurs politiques, notamment pour l'analyse des politiques publiques et pour la prise de décision lors de marchés publics. Elle est aussi intéressante pour les producteurs privés qui souhaitent mettre en avant des produits écoresponsables qui présentent souvent un coût d'acquisition relativement élevé mais un LCC relativement bas. Plus particulièrement pour les producteurs privés, le schéma suivant formalise les motivations d'une entreprise privée

³³ Ces différences sont détaillées dans le rapport intermédiaire réalisé dans le cadre de cette étude.

à prendre en compte des aspects environnementaux dans leurs méthodes d'évaluation économique.

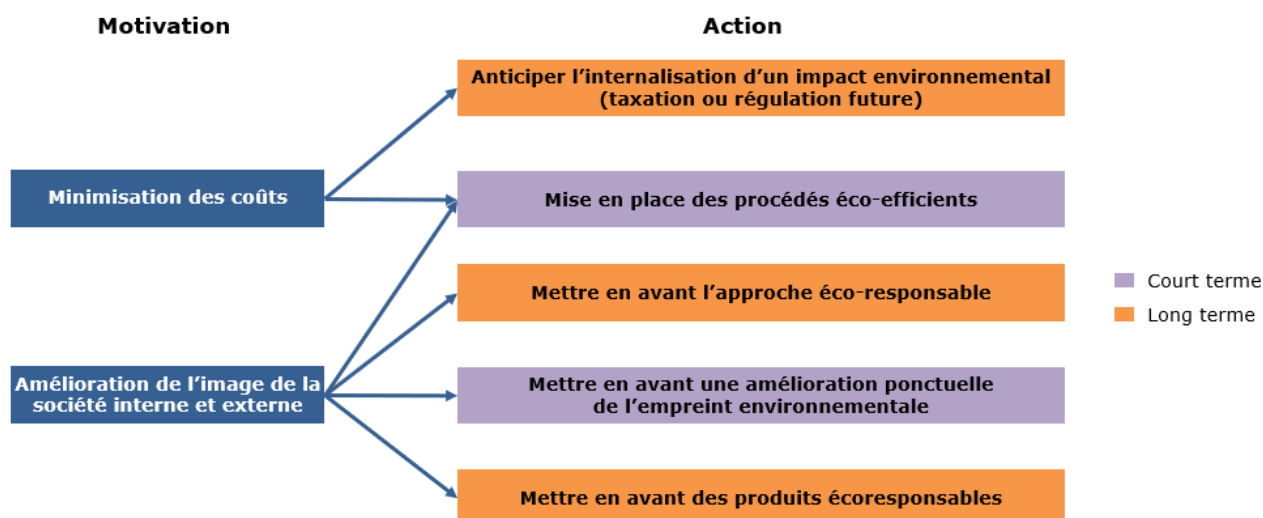


Figure 10 : intérêt d'intégrer des aspects environnementaux dans l'évaluation économique

IV.2. Principes guidant le couplage

Il y a très **peu d'éléments concrets dans la littérature** et dans les cas d'étude concernant la mise en œuvre du LCC avec l'ACV. Les principaux travaux académiques de référence sont listés dans l'annexe 0. Deux options principales sont envisagées dans la littérature pour réaliser le couplage³⁴ :

- **L'application combinée du LCC et ACV avec une même structure de calcul**, voire intégrée (Moreau & Weidema, 2015 ; Heijungs, 2013 ; Norris, 2001 ; Shapiro, 2001).

Dans cette application, les procédés établis dans un modèle ACV ne sont pas associés uniquement aux flux physiques mais également à leurs coûts respectifs ; autrement dit, les procédés d'un modèle ACV donné sont définis en termes physiques (kg, kWh...) et en termes monétaires. Les logiciels présentés dans la section IV.3. correspondent à ce type d'application.

- La réalisation d'un LCC en parallèle avec l'ACV avec leurs structures de calcul indépendantes (Swarr et al., 2011 ; Hunkeler et al., 2008 ; Klopffer, 2008).

Cette application correspond au E-LCC tel que décrit dans la littérature par Swarr et al. (2011) et Hunkeler et al. (2008). Dans ce cas de figure, les deux méthodes sont mises en œuvre de façon parallèle mais indépendante : le E-LCC couvre les coûts internes et les coûts environnementaux externes associés aux externalités environnementales prévues d'être internalisées ; l'ACV couvre tout le reste des impacts environnementaux qui ne sont pas internalisés (cf. section II.2.2).

Indépendamment de l'option choisie, les deux évaluations doivent porter sur la même unité fonctionnelle et le même modèle ou système de l'objet étudié (Swarr et al., 2011).

³⁴ Attention ! Le couplage peut entraîner un risque de double comptage (cf. section III.1.3.2.2)

IV.3. Les outils permettant le couplage

Le couplage ACV - LCC peut être appliqué à l'aide d'un logiciel. Cette section présente, en annexe I, les différents outils qui permettent de réaliser ce couplage. Chaque outil est décrit en fonction des indicateurs de coûts utilisés (prix de marché ou valeur ajoutée), le plan de travail, les bases de données disponibles, les résultats proposés et les possibilités d'analyse.

L'analyse porte sur les logiciels suivants :

- CCaLC2
- GaBi
- OpenLCA
- SimaPro
- Umberto NXT

L'analyse transversale de ces outils conduit aux conclusions suivantes :

- Globalement, la démarche est toujours la même à savoir
 - Modélisation dans une arborescence de type ACV;
 - Intégration des coûts à partir d'une catégorie préexistante ou à créer (uniquement pour SimaPro) ;
 - Restitution des résultats par étape du cycle de vie.
- Les résultats peuvent en général être désagrégés par étape / procédé, sous forme de tableaux ou diagrammes
- Le principal problème est le manque de données

Tous ces outils offrent également la possibilité d'exécuter un LCC seul. Les logiciels sont comparés à partir d'une étude de cas simple tirée d'une publication de Moreau et Weidema (2015) sur le cycle de vie d'une chaise en bois, avec une durée de vie de 2 ans. L'unité fonctionnelle est : s'asseoir pendant 10 ans, donc 5 chaises sont considérées. Le cycle de vie du produit est simplifié par 5 processus pour créer le système du produit (voir Figure 11 : système du produit).

L'analyse approfondie des outils permettant le couplage est disponible en annexe I.

IV.4. Points d'attention pour la réalisation d'un couplage

Quelques points d'attention méritent d'être soulignés lors de la mise en œuvre d'un couplage ACV - LCC, qui concernent principalement la phase de définition du périmètre d'étude et de modélisation :

- L'asymétrie de hotspots³⁵ économiques et environnementaux

L'ACV se focalise uniquement sur les facteurs générateurs d'impacts environnementaux. L'approche comprend donc certains éléments qui, en matière d'impact, sont très significatifs d'un point de vue environnemental mais négligeables d'un point de vue économique. *Par exemple, les lubrifiants représentent en général un coût négligeable pour un dispositif mécanique, mais très significatifs en termes d'impact environnemental vu leur toxicité.*

³⁵ Terme souvent utilisé en ACV pour signaler un élément (soit une étape du cycle de vie, une procédure, un flux élémentaire...) significatif.

Réciproquement, le LCC cherche à inclure tous les facteurs générateurs des coûts significatifs, même si ceux-ci n'ont aucun impact sur l'environnement. *Ainsi, les dépenses en publicité et en R&D sont souvent très coûteuses mais généralement négligées dans une ACV.*

En conséquence, les phases pertinentes du cycle de vie pourraient ne pas être les mêmes. **Il convient donc, si le modèle est commun de ne pas réaliser a priori trop de simplifications** et de disposer du regard critique sur le modèle de l'expert économique si le praticien LCC est plutôt praticien ACV (ou réciproquement)

- La différence de la notion « cycle de vie » entre les deux méthodes

Bien que les deux concepts aient une approche cycle de vie, cette notion peut en pratique différer entre les méthodes LCC et ACV. En ACV, la notion du cycle de vie comprend toutes les étapes du berceau à la tombe ; toutes les étapes sont généralement prises en compte. Dans le cas du LCC, la couverture du cycle varie en fonction de l'objectif et de l'acteur qui l'exécute. Par exemple, dans le cadre d'un LCC réalisé par un consommateur, tous les coûts de production en amont de l'achat sont compris dans le prix d'acquisition, par conséquent les étapes de R&D et conception peuvent ne pas être identifiées séparément dans le calcul.

Ainsi, les frontières du système pour l'étude d'un même objet peuvent être différentes entre le LCC et l'ACV. Il convient donc d'avoir bien défini ces deux périmètres dès le début de la modélisation, afin de pouvoir interpréter de façon correcte les résultats.

- Le rôle différent de la dimension temporelle en ACV et dans le LCC

Comme indiqué précédemment, le LCC prend en compte la dimension temporelle pour exprimer la diminution de valeur de l'argent et la hausse des prix au fil du temps. La modélisation du système inclut une dimension temporelle en LCC.

Pour l'application intégrée de l'ACV et LCC, il est nécessaire d'adapter le modèle, souvent intemporel, de l'ACV afin d'inclure la variation des coûts en fonction du temps. Ceci est fait actuellement en multipliant les coûts de procédés futurs par des facteurs d'actualisation qui vont minorer les coûts futurs.

IV.5. Retour d'expérience de RDC Environment sur le couplage ACV-LCC

RDC a réalisé une dizaine d'études combinant l'analyse des impacts environnementaux et économiques. Nous avons essayé à plusieurs reprises de modéliser les impacts environnementaux (ACV) et économiques (LCC) dans un même modèle, en considérant les différents types de coûts (ou de prix) comme des flux élémentaires des procédés modélisés. Les avantages attendus sont :

- Possibilité de faire des analyses de sensibilité sur des paramètres communs (ex : rendement de production, pertes, allègement...), pour voir la sensibilité du ratio €/t CO₂ par exemple
- Économie d'échelle de modélisation car on construit un arbre commun, avec intégration des données de coûts des bases de données ACV (Ecoinvent)

Cependant, la pratique montre que ces avantages sont réduits et qu'il y a des inconvénients majeurs :

- En pratiques les arbres sont différents car
 - Les hotspots sont différents (ex : transport, R&D, investissements, infrastructure sont des postes élevés en économique et souvent négligés en ACV)
 - Les arbres économiques peuvent être fortement simplifiés car quand on connaît un prix, il n'est pas nécessaire de décortiquer les procédés en amont et on est sûr que

tous les coûts importants sont couverts (les coûts sont répercutés dans les prix) alors qu'en ACV des impacts importants peuvent apparaître dans des procédés « mineurs » d'un point de vue économique (rejets polluants, toxicité humaine...)

Il n'y a donc que très peu d'économies d'échelle et les arbres sont plus compliqués.

- Les auteurs d'études ACV et LCC sont souvent différents et il n'est donc pas possible de travailler à deux en même temps sur le même arbre. Cela complique l'organisation du travail, en particulier en phase de finalisation intensive.
- Les interlocuteurs économiques sont capables d'échanger sur base d'un fichier Excel mais pas sur base d'une modélisation ACV.
- Des données de coûts pour des procédés dépendent d'autres paramètres qui sont intéressants à garder de façon décortiquée dans un fichier Excel : coûts des amortissements, de l'énergie, du personnel, des matières, des déchets, des overheads... Tous ces calculs doivent être mis en commentaires dans les modélisations dans un outils ACV ou alors il faut créer des flux élémentaires additionnels. Il faut aussi créer des liens vers des paramètres sources communs comme le prix du pétrole pour que le prix de l'énergie varie de la même façon pour tous les procédés.

Dès lors, après plusieurs essais, RDC a renoncé à la modélisation dans un modèle commun.

V. Perspectives de travaux pour améliorer la pratique

Conceptuellement, ne pas utiliser le LCC (ou une méthode analogue) pour l'évaluation économique des objets avec enjeu significatif des coûts hors coût d'acquisition peut conduire à des conclusions erronées et non nuancées (par exemple, la non prise en compte des coûts de réparation d'une voiture ou des coûts de maintenance d'un immeuble). C'est le cas en particulier lorsque le « praticien LCC » se positionne du point de vue de l'acheteur ou du point de vue d'un producteur qui aura également le rôle d'utilisateur (par exemple lors d'un projet de construction d'une usine). Dans ce cas, prendre en compte uniquement le coût d'acquisition/production implique de négliger un ensemble de coûts qui seront effectivement générés dans le futur.

La plupart des acteurs concernés par l'évaluation économique ont conscience de la nécessité d'inclure, du moins partiellement, certains coûts liés au cycle de vie outre le coût d'acquisition/production mais en pratique ils le font trop peu. Cependant la plupart des acteurs pratiquent déjà sans le savoir, une version simplifiée du LCC conventionnel.

Actuellement en Europe, il y a une volonté politique claire d'encourager l'utilisation des méthodes d'évaluation basées sur le principe de Life Cycle Thinking. Des nombreux outils informatiques et leurs guides d'application correspondants ont été mis à disposition par la Commission Européenne et par différents projets européens (SMART – SPP EU project, Clean Fleets EU project...). Utiliser le LCC est donc possible et fortement recommandé.

Sur la base des interviews réalisées pour cette étude, nous constatons que :

- Il manque une méthode standardisée permettant d'harmoniser la pratique du LCC, de guider les praticiens et de donner une reconnaissance à la méthode ;
- Il y a une difficulté de communication entre services en interne ; le LCC nécessite un lien entre acheteurs, gestionnaires et utilisateurs des produits en question
- Les données sont souvent difficilement accessibles ; collecter les données nécessite du temps et des ressources
- La méthode prend plus de temps qu'une simple approximation par le coût d'achat ou de production et les acteurs ne se rendent pas compte que le temps qu'ils consacrent à réaliser un LCC leur permettra in fine des réelles économies dans le futur (vision court-termiste) qui valent plus que le temps passé.

Pour répondre à ces freins, nous considérons que les travaux suivants sont nécessaires pour améliorer la pratique :

1. Standardiser la pratique du LCC

Actuellement, la pratique du LCC est très libre ; l'approche adoptée, le périmètre de coûts pris en compte, les méthodes d'allocation et donc *in fine* les résultats des LCC sont très dépendants des choix spécifiques que les praticiens LCC font. En conséquence, les résultats des différentes études LCC concernant un même objet peuvent être difficilement comparables. Bien qu'il existe un certain nombre de lignes directrices et références de l'industrie concernant la mise en œuvre du LCC (cf. annexe A), pour le moment aucune norme ISO n'encadre l'application générale du LCC. Dans une perspective d'homogénéiser la pratique et d'accroître la transparence des démarches méthodologiques, une telle norme ISO pourrait être généralisée. La standardisation pourrait permettre :

- de trancher au sujet de débats sur les définitions (coûts internes, coûts externes, internalisation...);

- d'établir des règles claires pour définir le scope de l'étude (exemple : si les coûts internes et externes sont inférieures à un montant donné, l'étape du cycle de vie peut être exclue) ;
- d'établir un cadre méthodologique commun.

2. Inclure des données sur les coûts dans les bases de données ACV

Pour faciliter le couplage de l'ACV et le LCC, notamment lorsque ce couplage est fait dans une même structure de calcul basée sur un modèle ACV, les bases de données ACV dédiées devraient continuer à être complétées avec les données économiques associées aux différents flux de matériaux et procédés. Comme cela a été mentionné auparavant, les données économiques, en particulier celles qui concernent les prix, sont très dépendantes des facteurs géographiques et donc il est important que ces données soient de préférence régionales, au minimum nationales. Des efforts ont déjà été entrepris pour inclure de l'information économique dans certaines bases de données ACV ; la nouvelle version de Ecoinvent (Ecoinvent 3) par exemple met à disposition des données économiques.

3. Développer des techniques standardisées de monétarisation des externalités environnementales et sociales

Nous avons exprimé à plusieurs reprises dans ce guide la nécessité de monétariser les impacts environnementaux et sociaux (autrement dit les externalités environnementales et sociales), pas uniquement afin de pouvoir les intégrer au calcul du E-LCC et S-LCC mais aussi pour éventuellement comparer des résultats qui sont souvent exprimés en unités différentes.

Actuellement, les techniques de monétarisation sont amplement débattues et il n'y a pas de standard général qui permettrait l'uniformisation des techniques. Des efforts supplémentaires devront être faits pour parvenir à standardiser les techniques.

Dans cette perspective, l'ISO prépare actuellement une norme (ISO 14008) concernant l'évaluation monétaire des impacts environnementaux et des aspects environnementaux connexes ; celle-ci devrait être publiée fin 2018. Il s'agit d'un pas important vers la standardisation des techniques de monétarisation des impacts environnementaux ; il restera encore à développer celle des impacts sociaux.

4. Développer des évaluations d'impacts sociaux du type Social LCA (ACV sociale)

Les méthodes d'évaluation économique et environnementale ne suffisent pas pour répondre à des questions de durabilité. Le pilier social doit être également couvert (cf. [Figure 10](#)). Il faut donc favoriser le développement des méthodes compatibles avec le principe du **Life Cycle Thinking** et qui permettent l'évaluation des impacts sociaux. Une méthode relativement nouvelle qui va dans ce sens est l'ACV sociale (cf. étude ScoreLCA intitulé « ACV sociale, développement durable, RSE : quels besoins méthodologiques ? Où en est la recherche ? ». Dans une perspective de développement de la pratique du LCC, une méthode d'évaluation sociale pourrait être particulièrement utile pour faciliter l'identification des externalités sociales, notamment lors de la réalisation du S-LCC.

VI. Références

- Andreas, Kicherer, Stefan, S., Heinrich, T., & Beatriz, F. P. (2007). Eco-Efficiency. Combining Life Cycle Assessment and Life Cycle Costs via Normalization (7 pp). *INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT*, 12(7), 537.
- Christ, K. L., & Burritt, R. L. (2016). ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. *Revista de Contabilidad*, 19(1), 1-9.
- Ciroth, A. (2008): Cost data quality considerations for eco-efficiency measures, *Ecological Economics* (2008). doi:10.1016/j.ecolecon.2008.08.005
- Commission Européenne (2014). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. 55.
- Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1988). How cost accounting distorts product costs. *Strategic Finance*, 69(10), 20.
- Ellram, L. (1993). Total cost of ownership: elements and implementation. *Journal of Supply Chain Management*, 29(3), 2-11.
- Ellram, L. M. (1995). Total cost of ownership: an analysis approach for purchasing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(8), 4-23.
- Ellram, L. M. (2002). Total cost of ownership. In *Handbuch Industrielles Beschaffungsmanagement* (pp. 659-671). Gabler Verlag.
- Ellram, L. M., & Siferd, S. P. (1998). Total cost of ownership: a key concept in strategic cost management decisions. *Journal of business logistics*, 19(1), 55.
- Eric Korpi Timo Ala-Risku, (2008), "Life cycle costing: a review of published case studies", *Managerial Auditing Journal*, Vol. 23 Iss 3 pp. 240 - 261
- Fabrycky, W. J., & Blanchard, B. S. (1991). Life-cycle cost and economic analysis (pp. 144-174). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Finkbeiner, M., Schau, E. M., Lehmann, A., & Traverso, M. (2010). Towards life cycle sustainability assessment. *Sustainability*, 2(10), 3309-3322.
- Gluch, P., & Baumann, H. (2004). The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making. *Building and environment*, 39(5), 571-580.
- Heijungs R, Settanni E, Guinée J (2013) Toward a computational structure for life cycle sustainability analysis: unifying LCA and LCC. *Int J Life Cycle Assess* 18(9):1722–1733.
- Hunkeler D, Lichtenvort K, Rebitzer G (eds) (2008) Environmental life cycle costing. SETAC
- Hunkeler, D., & Rebitzer, G. (2003). Life Cycle costing—paving the road to sustainable development?. *The international journal of life cycle assessment*, 8(2), 109-110.
- Huppes, G. and M. Ishikawa. 2005. A framework for quantified eco-efficiency analysis. *Journal of Industrial Ecology* 9(4): 25–41.
- Hyršlová, J.; Vágner, M.; Palásek, J. 2011. Material Flow Cost Accounting (MFCA) – tool for the optimization of corporate production processes, *Business, Management and Education* 9(1): 5–18.
- ISO 14051:2011: Environmental management -- Material flow cost accounting -- General framework

- Jasinski, D., Meredith, J., & Kirwan, K. (2015). A comprehensive review of full cost accounting methods and their applicability to the automotive industry. *Journal of cleaner production*, 108, 1123-1139.
- Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2003). Time-driven activity-based costing.
- Kawauchi, Y., & Rausand, M. (1999). Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries. *Toyo Engineering Corp, Chiba*.
- Kloepffer, W. (2008). Life cycle sustainability assessment of products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(2), 89.
- Klöpffer, W. (2003). Life-cycle based methods for sustainable product development.
- Liapis, K. J., & Kantianis, D. D. (2015). Depreciation methods and life-cycle costing (LCC) methodology. *Procedia Economics and Finance*, 19, 314-324.
- Liebermann, Y., & Ungar, M. (1997). Life cycle cost: an individual consumer's perspective. *Managerial and Decision Economics*, 227-234.
- Lindholm, A., & Suomala, P. (2005). Present and future of life cycle costing: reflections from Finnish companies. *LTA*, 2, 05.
- Mazijn, B. (2017). Sustainable procurement based on life cycle costing. In *Life Cycle Approaches to Sustainable Regional Development*. Taylor & Francis.
- McEachron, N. B., Hall, D. C., & Lewis, L. F. (1978). Life cycle costing as a method of procurement: A framework and example. *Energy*, 3(4), 461-478.
- Meunier, V., & Marsden, É. (2009). Analyse coût-bénéfices : guide méthodologique. FonCSI.
- Moreau, V. & Weidema, B.P. (2015). The computational structure of environmental life cycle costing *Int J Life Cycle Assess* 20: 1359.
- Nakajima, M. (2006). The new management accounting field established by Material Flow Cost Accounting (MFCA). *Kansai University review of business and commerce*, 8, 1-22.
- Nucci, B., Iraldo, F., & De Giacomo, M. R. (2016). The relevance of Life Cycle Costing in Green Public Procurement. *ECONOMICS AND POLICY OF ENERGY AND THE ENVIRONMENT*.
- Norris, G. A. (2006). Social impacts in product life cycles-Towards life cycle attribute assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11, 97-104.
- Norris, G.A. Integrating life cycle cost analysis and LCA, *Int. J. LCA* (2001) 6: 118.
- OCDE (2007), Analyse coûts-bénéfices et environnement : Développements récents, Éditions OCDE, Paris.
- Ogden, J. M., Williams, R. H., & Larson, E. D. (2004). Societal lifecycle costs of cars with alternative fuels/engines. *Energy policy*, 32(1), 7-27.
- PricewaterhouseCoopers (2009). Collection of statistical information on Green Public Procurement in the EU.
- Rebitzer, G. (2002). Integrating life cycle costing and life cycle assessment for managing costs and environmental impacts in supply chains. In *Cost management in supply chains* (pp. 127-146). Physica-Verlag HD.
- Rebitzer, G. (2005). Enhancing the application efficiency of life cycle assessment for industrial uses. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(6), 446-446.

- Renda, A., Pelkmans, J., Egenhofer, C., Schrefler, L., Luchetta, G., Selçuki, C., & Zirnhelt, A. C. (2012). The uptake of green public procurement in the EU27. *Brussels, Centre for European Studies (CEPS), College of Europe, 51.*
- Shapiro, K. G. (2001). Incorporating costs in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 6(2)*, 121-123.
- Sherif, Y. S., & Kolarik, W. J. (1981). Life cycle costing: concept and practice. *Omega, 9(3)*, 287-296.
- Spitzer, M., Pojasek, R., Robertaccio, F., & Nelson, J. (1993, January). Accounting and capital budgeting for pollution prevention. In *United States Environmental Protection Agency, The Engineering Foundation Conference*. San Diego, CA.
- Swarr, T. E., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H. L., Citroth, A., Brent, A. C., & Pagan, R. (2011). Environmental life-cycle costing: a code of practice.
- Weidema, B. P. (2006). The integration of economic and social aspects in life cycle impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 11*, 89-96.
- White, G. E., & Ostwald, P. F. (1976). Life cycle costing. *Management accounting, 57(7)*, 39-42.
- Woodward, D. G. (1997). Life cycle costing—theory, information acquisition and application. *International journal of project management, 15(6)*, 335-344.
- Y. Asiedu & P. Gu (1998): Product life cycle cost analysis: State of the art review, *International Journal of Production Research, 36:4*, 883-908

Personnes interviewées

- Alessandra Zamagni. Ecoinnovazione
- Dominique Veuillet. Ademe - Service achats
- Farid Yaker. UNEP
- Llorenç Milà i Canals. UNEP
- Malika Kessous. Direction des achats de l'Etat (DAE)
- Maria De Giacomo. University College London
- Peter Saling. BASF
- Reinout Heijungs. Vrije Universiteit Amsterdam

VII. Annexes

A. Directrices et références de l'industrie concernant la mise en œuvre du LCC

L'état de la méthodologie du LCC conventionnel a peu évolué depuis son origine ; le principe d'identification et actualisation des coûts est fondamentalement le même. Un certain nombre de lignes directrices et références de l'industrie ont été développées, notamment :

- Génériques
 - IEC 60300-3-3:2017. Dependability management - Part 3-3: Application guide - Life cycle costing.
 - AS/NZS 4536:1999 (R2014). Life cycle costing - An application guide.
 - NEK EN 60300-3-3:2004. Dependability management -- Part 3-3: Application guide - Life cycle costing.
 - CSA Q635-95 (R2001). Guide to Life Cycle Costing.
 - SAE ARP-4293: Life cycle cost - Techniques and applications.
- Bâtiment
 - BS EN 16627:2015. Sustainability of construction works. Assessment of economic performance of buildings. Calculation methods
 - BS 8544:2013. Guide for life cycle costing of maintenance during the in-use phases of buildings.
 - BS EN 15643-4:2012. Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Framework for the assessment of economic performance
 - ISO 15686-5:2008. Buildings and constructed assets — Service-life planning — Life-cycle costing.
 - BS PD 156865:2008. Standardized method of life cycle costing for construction procurement. A supplement to BS ISO 15686-5. Buildings and constructed assets. Service life planning. Life cycle costing.
- Industries du pétrole brut et du gaz naturel
 - ISO 15663-1:2006. Petroleum and natural gas industries - Life cycle costing – Methodology.
- Biens d'équipement
 - NORSOK O-CR-001: Life cycle cost for systems and equipment.
- Usines, chaînes de production
 - NORSOK O-CR-002: Life cycle cost for production facility.

De nombreuses références méthodologiques pour l'application du LCC sont également proposées dans la littérature.

- Kawauchi, Y., & Rausand, M. (1999). Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries. Toyo Engineering Corp, Chiba.

- Blanchard,B.S. and Fabrycky,W.J.: Systems Engineering and Analysis 3rd Edition, Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, (1998).
- Clarke,J.D.: Life Cycle Cost: An examination of its application in the united states, and potential for use in the Australian defense forces, Thesis of M.S, Naval Postgraduate School, (1990).
- Fabrycky,W.J and Blanchard,B.S: Life-cycle cost and economic analysis, Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, (1991).
- Sherif, Y. S., & Kolarik, W. J. (1981). Life cycle costing: concept and practice. Omega, 9(3), 287-296.

B. Directive 2014/24/UE du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics et abrogeant la directive 2004/18/CE

Attribution du marché

Article 67

Critères d'attribution du marché

1. Sans préjudice des dispositions législatives, réglementaires ou administratives nationales relatives au prix de certaines fournitures ou à la rémunération de certains services, les pouvoirs adjudicateurs se fondent, pour attribuer les marchés publics, sur l'offre économiquement la plus avantageuse.

2. L'offre économiquement la plus avantageuse du point de vue du pouvoir adjudicateur est déterminée sur la base du prix ou du coût, selon une approche fondée sur le rapport coût/ efficacité, telle que le coût du cycle de vie, conformément à l'article 68, et peut tenir compte du meilleur rapport qualité/ prix, qui est évalué sur la base de critères comprenant des aspects qualitatifs, environnementaux et/ou sociaux liés à l'objet du marché public concerné. Il peut s'agir, par exemple, des critères suivants :

a) la qualité, y compris la valeur technique, les caractéristiques esthétiques et fonctionnelles, l'accessibilité, la conception pour tous les utilisateurs, les caractéristiques sociales, environnementales et innovantes et la commercialisation et ses conditions ;

b) l'organisation, les qualifications et l'expérience du personnel assigné à l'exécution du marché, lorsque la qualité du personnel assigné peut avoir une influence significative sur le niveau d'exécution du marché ; ou

c) le service après-vente, l'assistance technique et les conditions de livraison, telles que la date de livraison, le mode de livraison et le délai de livraison ou d'exécution.

Le facteur coût peut également prendre la forme d'un prix ou d'un coût fixe sur la base duquel les opérateurs économiques seront en concurrence sur les seuls critères de qualité.

Les États membres peuvent prévoir que les pouvoirs adjudicateurs ne peuvent pas uniquement utiliser le prix ou le coût comme seul critère d'attribution ou limiter cette utilisation à certaines catégories de pouvoirs adjudicateurs ou certains types de marchés.

3. Les critères d'attribution sont réputés être liés à l'objet du marché public lorsqu'ils se rapportent aux travaux, fournitures ou services à fournir en vertu du marché à quelque égard que ce soit et à n'importe quel stade de leur cycle de vie, y compris les facteurs intervenant dans :

a) le processus spécifique de production, de fourniture ou de commercialisation desdits travaux, produits ou services ; ou

b) un processus spécifique lié à un autre stade de leur cycle de vie, même lorsque ces facteurs ne font pas partie de leur contenu matériel.

4. Les critères d'attribution n'ont pas pour effet de conférer une liberté de choix illimitée au pouvoir adjudicateur. Ils garantissent la possibilité d'une véritable concurrence et sont assortis de précisions qui permettent de vérifier concrètement les informations fournies par les soumissionnaires pour évaluer dans quelle mesure les offres répondent aux critères d'attribution. En cas de doute, les pouvoirs adjudicateurs vérifient concrètement l'exactitude des informations et éléments de preuve fournis par les soumissionnaires.

5. Le pouvoir adjudicateur précise, dans les documents de marché, la pondération relative qu'il attribue à chacun des critères choisis pour déterminer l'offre économiquement la plus avantageuse, sauf lorsqu'elle est déterminée sur la seule base du prix.

Cette pondération peut être exprimée en prévoyant une fourchette avec un écart maximum approprié.

Lorsque la pondération n'est pas possible pour des raisons objectives, le pouvoir adjudicateur indique les critères par ordre décroissant d'importance.

Article 68

Coût du cycle de vie

1. Le coût du cycle de vie couvre, dans la mesure où ils sont pertinents, tout ou partie des coûts suivants du cycle de vie d'un produit, d'un service ou d'un ouvrage :

a) les coûts supportés par le pouvoir adjudicateur ou d'autres utilisateurs, tels que :

- i) les coûts liés à l'acquisition,
- ii) les coûts liés à l'utilisation, tels que la consommation d'énergie et d'autres ressources,
- iii) les frais de maintenance,
- iv) les coûts liés à la fin de vie tels que les coûts de collecte et de recyclage.

b) les coûts imputés aux externalités environnementales liés au produit, au service ou à l'ouvrage pendant son cycle de vie, à condition que leur valeur monétaire puisse être déterminée et vérifiée ; ces coûts peuvent inclure le coût des émissions de gaz à effet de serre et d'autres émissions polluantes ainsi que d'autres coûts d'atténuation du changement climatique.

2. Lorsque les pouvoirs adjudicateurs évaluent les coûts selon une méthode basée sur le cycle de vie, ils indiquent dans les documents de marché les données que doivent fournir

les soumissionnaires et la méthode qu'utilisera le pouvoir adjudicateur pour déterminer le coût du cycle de vie sur la base de ces données. L 94/134 Journal officiel de l'Union européenne 28.3.2014 FR La méthode utilisée pour évaluer les coûts imputés aux externalités environnementales respecte l'ensemble des conditions suivantes :

- a) elle se fonde sur des critères vérifiables de façon objective et non discriminatoires. En particulier, lorsqu'elle n'a pas été prévue pour une application répétée ou continue, elle ne favorise ni ne défavorise indûment certains opérateurs économiques ;
- b) elle est accessible à toutes les parties intéressées ;
- c) les données requises peuvent être fournies moyennant un effort raisonnable consenti par des opérateurs économiques normalement diligents, y compris des opérateurs de pays tiers parties à l'AMP ou à d'autres accords internationaux par lesquels l'Union est liée.

3. Lorsqu'une méthode commune de calcul des coûts du cycle de vie est devenue obligatoire de par un acte législatif de l'Union, elle est appliquée pour l'évaluation des coûts du cycle de vie.

La liste de ces actes législatifs et, si nécessaire, des actes délégués les complétant figure à l'annexe XIII. La Commission est habilitée à adopter des actes délégués conformément à l'article 87 en ce qui concerne l'actualisation de cette liste, lorsque cette actualisation est nécessaire en raison de l'adoption de nouveaux actes législatifs rendant une méthode commune obligatoire ou de l'abrogation ou de la modification d'actes juridiques en vigueur.

C. Références d'études de cas étudiés par Korpi et Ala-Risku (2008)

Études de cas
Aktacir, M.A., Bu"yu"kalaca, O. and Yilmaz, T. (2006), "Life-cycle cost analysis for constant-air-volume and variable-air-volume air-conditioning systems", <i>Applied Energy</i> , Vol. 83, pp. 606-27.
Al-Najjar, B. and Alsyof, I. (2004), "Enhancing a company's profitability and competitiveness using integrated vibration-based maintenance: a case study", <i>European Journal of Operational Research</i> , Vol. 157 No. 3, pp. 643-57.
Al-Sallal, K.A. (2003), "Comparison between polystyrene and fiberglass roof insulation in warm and cold climates", <i>Renewable Energy</i> , Vol. 28 No. 4, pp. 603-11.
Arpke, A. and Hutzler, N. (2005), "Operational life-cycle assessment and life cycle cost analysis for water use in multioccupant buildings", <i>Journal of Architectural Engineering</i> , Vol. 11 No. 3, pp. 99-109.
Arpke, A. and Strong, K. (2006), "A comparison of life cycle cost analyses for a typical college using subsidized versus full-cost pricing of water", <i>Ecological Economics</i> , Vol. 58, pp. 66-78.
Ashok, S. (2007), "Optimised model for community-based hybrid energy system", <i>Renewable Energy</i> , Vol. 32 No. 7, pp. 1155-64.
Aye, L., Bamford, N., Charters, B. and Robinson, J. (2000), "Environmentally sustainable development: a life-cycle costing approach for a commercial office building in Melbourne, Australia", <i>Construction Management and Economics</i> , Vol. 18, pp. 927-34.
Barringer, H.P. and Weber, D.P. (1996), "Life cycle cost tutorial", paper presented at the Fifth International Conference on Process Plant Reliability, Houston, Texas, October 2-4.
Berbash, Y., Chandrashekar, M. and Calamai, P. (1995), "Technology for sustainable development: a case study of solar domestic hot water heating in Ontario", <i>Energy</i> , Vol. 20 No. 6, pp. 495-510.
Canova, A., Profumo, F. and Tartaglia, M. (2003), "LCC design criteria in electrical plants oriented to the energy saving", <i>IEEE Transactions on Industry Applications</i> , Vol. 39 No. 1, pp. 53-8.
Cote, P., Siverns, S. and Monti, S. (2005), "Comparison of membrane-based solutions for water reclamation and desalination", <i>Desalination</i> , Vol. 182, pp. 251-57.
Dakkak, M., Hirata, A., Muhida, R. and Kawasaki, Z. (2003), "Operation strategy of residential centralized photovoltaic system in remote areas", <i>Renewable Energy</i> , Vol. 28, pp. 997-1012.
De Almeida, A.T., Lopes, A., Carvalho, A., Mariano, J. and Nunes, C. (2004), "Evaluation of fuel-switching opportunities in the residential sector", <i>Energy and Buildings</i> , Vol. 36, pp. 195-203.
Ehlen, M.A. (1997), "Life-cycle costs of new construction materials", <i>Journal of Infrastructure Systems</i> , Vol. 3 No. 4, pp. 129-33.
Emblemsva°g, J. (2001), "Activity-based life-cycle costing", <i>Managerial Auditing Journal</i> , Vol. 16 No. 1, pp. 17-27.
Ergonul, S. (2005), "A probabilistic approach for earthquake loss estimation", <i>Structural Safety</i> , Vol. 27, pp. 309-21.

Goel, P.S. and Singh, N. (1999), "A new paradigm for durable product design with up-front consideration of lifetime performance", <i>Robotics & Computer-Integrated Manufacturing</i> , Vol. 15, pp. 65-75.
Gransberg, D.D. and Diekmann, J. (2004), "Quantifying pavement life cycle cost inflation uncertainty", <i>2004 Transactions, AACE International</i> , Washington, DC, pp. 1-11.
Gustafsson, S-I. (2000), "Optimisation and simulation of building energy systems", <i>Applied Thermal Engineering</i> , Vol. 20, pp. 1731-41.
Gustavsson, J. (2002), "Software programme that calculates the life cycle cost of air filters", <i>Filtration and Separation</i> , Vol. 39 No. 9, pp. 22-6.
Harkness, J., Newman, S., Galster, G. and Reschovsky, J. (1997), "Life-cycle costs of housing for the mentally ill", <i>Journal of Housing Economics</i> , Vol. 6, pp. 223-47.
Hossain, A.L.F, Bradley, P.J, Walker, J. and Wingerter, R.G. (1992), "Life cycle cost management in a multiple supplier environment-animplementation case study [telecommunication products]", <i>Communications, 1992. ICC 92, Conference Record, SUPERCOMM/ICC '92, Discovering a New World of Communications</i> , Vol. 4, pp. 1772-78.
Ileri, A. and Moshiri, S. (1996), "Effects of common fuel and heating system options on the energy usage, pollutant emissions and economy", <i>Energy and Buildings</i> , Vol. 24, pp. 11-18.
Imaseki, T. (1998), "Japanese automotive transportation sector's impact upon global warming", <i>Applied Energy</i> , Vol. 59 Nos. 2/3, pp. 175-85.
Jeong, K.S. and Oh, B.S. (2002), "Fuel economy and life-cycle cost analysis of a fuel cell hybrid vehicle", <i>Journal of Power Sources</i> , Vol. 105, pp. 58-65.
Keralo, H. (2003), "Economic appraisal of road projects in countries with developing and transition economies", <i>Transport Reviews</i> , Vol. 23 No. 3, pp. 249-62.
Kim, Y-S. and Kim, K-S. (2007), "Simplified energy prediction method accounting for part-load performance of chiller", <i>Building and Environment</i> , Vol. 42 No. 1, pp. 507-15.
Kirkham, R.J., Boussabaine, A.H. and Awwad, B.H. (2002), "Probability distributions of facilities management costs for whole life cycle costing in acute care NHS hospital buildings", <i>Construction Management and Economics</i> , Vol. 20, pp. 251-61.
Kleyner, A., Sandborn, P. and Boyle, J. (2004), "Minimization of life cycle costs through optimization of the validation program – a test sample size and warranty cost approach", <i>Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2004 Proceedings</i> , pp. 553-8.
Koelle, D.E. (1997), "Economics of small fully reusable launch systems (SSTO vs TSTO)", <i>Acta Astronautica</i> , Vol. 40 Nos. 2/8, pp. 535-44.
Kolhe, M., Kolhe, S. and Joshi, J.C. (2002), "Economic viability of stand-alone solar photovoltaic system in comparison with diesel-powered system for India", <i>Energy Economics</i> , Vol. 24, pp. 155-65.
Labi, S. and Sinha K.C. (2005), "Life-cycle evaluation of flexible pavement preventive maintenance", <i>Journal of Transportation Engineering</i> , Vol. 131 No. 10, pp. 744-51.
Lazou, A.A. and Papatsoris, A.D. (2000), "The economics of photovoltaic stand-alone residential households: a case study for various European and Mediterranean locations", <i>Solar Energy Materials & Solar Cells</i> , Vol. 62, pp. 411-27.
Lee, K-M., Cho, H-N. and Cha, C-J. (2006), "Life-cycle cost-effective optimum design of steel bridges considering environmental stressors", <i>Engineering Structures</i> , Vol. 28, pp. 1252-65.

Lutz, J., Lekov, A., Chan, P., Whitehead, C.D., Meyers, S. and McMahon, J. (2006), "Life-cycle cost analysis of energy efficiency design options for residential furnaces and boilers", <i>Energy</i> , Vol. 31, pp. 311-29.
Malloy, D. (2003), "Modeling the life cycle cost impact of product development decisions in an aerospace supply chain: a case study", paper presented at 21st International Conference of the System Dynamics Society, New York City, July 20-24.
Marshall, H.E., Chapman, R.E. and Leng, C.J. (2004), "Risk mitigation plan for optimizing protection of constructed facilities", <i>Cost Engineering</i> , Vol. 46 No. 8, pp. 26-33.
Marx, W.J., Mavris, D.N. and Schrage, D.P. (1995), "A hierarchical aircraft life cycle cost analysis model", paper presented at 1st Aircraft Engineering, Technology, and Operations Congress, Los Angeles, CA, September 19-21. MAJ 23,3 260 Downloaded by SELCUK UNIVERSITY At 06:49 15 January 2015 (PT)
Menzies, G.F. and Wherrett, J.R. (2005), "Multiglazed windows: potential for savings in energy, emissions and cost", <i>Building Services Engineering Research & Technology</i> , Vol. 26 No. 3, pp. 249-58.
Monga, A. and Zuo, M.J. (1998), "Optimal system design considering maintenance and warranty", <i>Computers Operations Research</i> , Vol. 25 No. 9, pp. 691-705.
Puripunyanich, V., Myojo, S. and Kanazawa, Y. (2001), "Estimating the maintenance and repair cost in life cycle cost calculation: a case of automobile ownership", Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba, Discussion Paper Series, No. 907.
Rhee, S.J. and Ishii, K., (2003), "Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability", <i>Advanced Engineering Informatics</i> , Vol. 17 Nos. 3/4, pp. 179-88.
Robinson, J., (1996), "Plant and equipment acquisition: a life cycle costing study", <i>Facilities</i> , Vol. 14 No. 5/6, pp. 21-5.
Rousseau, P.G. and Greyvenstein, G.P. (2000), "Enhancing the impact of heat pump water heaters in the South African commercial sector", <i>Energy</i> , Vol. 25, pp. 51-70.
Sandberg, M., Boart, P. and Larsson, T. (2005), "Functional product life-cycle simulation model for cost estimation in conceptual design of jet engine components", <i>Concurrent Engineering: Research and Applications</i> , Vol. 13 No. 4, pp. 331-42.
Sarma, K.C. and Adeli, H. (2002), "Life-cycle cost optimization of steel structures", <i>International Journal for Numerical Methods in Engineering</i> , Vol. 55, pp. 1451-62.
Selman, J.R. and Schneider, R. (2004), "The impact of life-cycle cost management on portfolio strategies", <i>Journal of Facilities Management</i> , Vol. 3 No. 2, pp. 173-83.
Shapira, A. and Bank, L.C. (1997), "Constructability and economics of FRP reinforcement cages for concrete beams", <i>Journal of Composites for Construction</i> , Vol. 1 No. 3, pp. 82-9.
Ugwu, O.O., Kumaraswamy, M.M., Kung, F. and Ng, S.T. (2005), "Object-oriented framework for durability assessment and life cycle costing of highway bridges", <i>Automation in Construction</i> , Vol. 14, pp. 611-32.
Val, D.V. and Stewart, M.G. (2003), "Life-cycle cost analysis of reinforced concrete structures in marine environments", <i>Structural Safety</i> , Vol. 25, pp. 343-62.
Wang, W., Zmeureanu, R. and Rivard, H. (2005), "Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization", <i>Building and Environment</i> , Vol. 40, pp. 1512-25.
Warszawski, A., Gluck, J. and Segal, D., (1996), "Economic evaluation of design codes – case of seismic design", <i>Journal of Structural Engineering</i> , Vol. 122 No. 12, pp. 1400-8.

Weisser, D., (2004), "Costing electricity supply scenarios: a case study of promoting renewable energy technologies on Rodriguez, Mauritius", *Renewable Energy*, Vol. 29, pp. 1319-47.

Wirahadikusumah, R, Abraham, D.M. and Castello, J, (1999), "Markov decision process for sewer rehabilitation", *Engineering, Construction & Architectural Management*, Vol. 6 No. 4, pp. 358-70.

Wong, N-H., Tay, S.F., Wong, R., Ong, C.L. and Sia, A. (2003), "Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore", *Building and Environment*, Vol. 38, pp. 499-509.

D. Principales méthodes

TOTAL COST OF OWNERSHIP

Le TCO est la même chose qu'un LCC conventionnel réalisé du point de vue de l'acheteur (Rebitzer, 2005).

Le *Total Cost of Ownership* (TCO) est un outil d'évaluation d'achat dont l'objectif est de quantifier le coût réel d'acquisition d'un bien ou d'un service auprès d'un fournisseur particulier (Ellram, 1995). L'approche TCO se focalise sur les étapes en amont, pendant et en aval de la transaction entre le fournisseur et l'acheteur, l'objectif étant *in fine* d'identifier la meilleure stratégie d'achat. Ainsi, les coûts évalués par le TCO sont surtout ceux associés aux aspects de la performance d'un fournisseur tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cette approche prend en compte tous les coûts pour le consommateur : coût d'acquisition, mais aussi les coûts directs et indirects de fonctionnement, de formation (y compris le turn-over), de maintenance. Il n'inclut pas les coûts externes (entretien des routes), même si des formes d'internalisation existent (taxe de circulation, péage au km...).

Outre le prix payé pour l'article, le TCO peut inclure des éléments tels que le placement de commandes, la recherche et la qualification des fournisseurs, le transport, la réception, l'inspection, le rejet, le remplacement, les temps d'arrêt causés par l'échec, les coûts d'élimination et ainsi de suite. L'approche TCO peut être appliquée à tout type d'achat. Par exemple, pour les biens d'équipement, les coûts post-achat incluent tout ce qui concerne la maintenance, les réparations, les temps d'arrêt et l'obsolescence jusqu'à la cession finale de l'actif. Pour un composant ou un matériau, le coût total comprend les coûts de défaillance de l'article une fois utilisé, tels que les coûts des demandes de garantie, les écarts d'acquisition, le remplacement et les coûts similaires. (Ellram, 1995)

ACTIVITY BASED COSTING ET TIME-DRIVEN ACTIVITY BASED COSTING

L'*Activity Based Costing* (ABC) est une méthode d'allocation qui associe les coûts aux activités principales d'une organisation. L'approche cherche à attribuer des coûts aux produits ou services en fonction des ressources par activité qu'ils consomment. Ainsi, cette méthode identifie les activités ou les processus requis et associe les ressources économiques nécessaires pour le fonctionnement desdites activités (Kaplan et Anderson, 2003).

Il s'agit d'une alternative à la comptabilité traditionnelle dans laquelle les frais généraux d'une entreprise (coûts indirects tels que l'éclairage, le chauffage et le marketing) sont répartis proportionnellement aux coûts directs d'une activité. Cette méthode traditionnelle n'est pas satisfaisante car deux activités qui absorbent les mêmes coûts directs peuvent utiliser des quantités très différentes de frais généraux. Un robot industriel produit en série, par exemple, peut utiliser la même quantité de main-d'œuvre et de matériaux qu'un robot personnalisé. Toutefois le robot personnalisé utilise beaucoup plus le temps des ingénieurs de l'entreprise (inclus dans les frais généraux) que celui produit en série.

Kaplan et Anderson utilisent un exemple numérique pour illustrer leur modèle. Ils imaginent un service clientèle qui réalise trois activités : gérer les commandes des clients, traiter les plaintes des clients et effectuer des vérifications de crédit client. Les employés qui réalisent ces tâches déclarent consacrer 70% de leur temps de travail à la première activité, 10% à la deuxième et 20% à la troisième. Ils traitent mensuellement 9 800 ordres, traitent 280 plaintes et vérifient 500 crédits clients. L'allocation peut théoriquement être proportionnelle au temps passé ou au nombre de dossiers. Pour un coût de EUR 560 000,

une allocation proportionnelle au temps passé donnerait pour les 3 activités respectivement EUR 392 000 ($\text{EUR } 560\,000 \times 70\%$), EUR 56 000 et EUR 112 000. On considère donc que le traitement d'un ordre coûte EUR 40 ($\text{EUR } 392\,000 / 9\,800 \text{ ordres}$), traiter une plainte EUR 200 et vérifier un crédit client EUR 224.

Il a été constaté que les organisations ont des difficultés dans l'implémentation de l'approche ABC notamment en raison (Kaplan et Anderson ; 2003) :

- de coûts élevés engagés pour interviewer les personnes ;
- de l'utilisation d'allocations temporelles subjectives ;
- de difficultés à maintenir et mettre à jour le modèle.

En réponse à ces critiques, Kaplan et Anderson ont proposé un modèle alternatif : le Time-Driven Activity Based Costing (TDACB). Le principe et l'objectif du modèle proposé sont les mêmes que pour l'ABC de base. Ce qui change c'est la méthode d'évaluation des coûts. Au lieu de demander aux employés le temps qu'ils allouent à une activité, la méthode préconise d'estimer le temps de travail de l'ensemble du personnel et de le rapporter au coût total du service et ainsi estimer le coût d'une activité. Reprenant l'exemple précédent, il peut être supposé que le temps de travail de l'ensemble d'employés du service après-vente soit de 700 000 minutes. Étant donné que le service coûte globalement EUR 560 000, il est possible d'estimer un coût de EUR 0.80 par minute de travail ($\text{EUR } 560\,000 / 700\,000 \text{ minutes}$). Puis, la méthode préconise d'observer le temps nécessaire pour la réalisation d'une activité. Kaplan et Anderson supposent que : gérer une commande requiert 40 minutes, traiter une plainte requiert 220 minutes et vérifier le crédit d'un client requiert 250 minutes. En reprenant les mêmes données du modèle précédent, on considère que le traitement d'un ordre coûte EUR 32 ($40 \text{ minutes} \times \text{EUR } 0.80/\text{minute}$), traiter une plainte EUR 176 et vérifier un crédit client EUR 250.

La différence entre les résultats du premier et du deuxième modèle découle du fait que l'ABC de base surestime les coûts d'exécution des activités car il inclut le temps de travail non productif. Ainsi, le premier modèle suppose que les employés travaillent 100% du temps, une hypothèse peu réaliste.

MATERIAL FLOW COST ACCOUNTING (MFCA)

Le *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) est un outil de comptabilité et de gestion qui cherche à aider les organisations à mieux comprendre les conséquences environnementales et financières potentielles de l'utilisation de leurs inputs, autrement dit leurs ressources et de leurs pratiques énergétiques (Nakajima, 2006). En appliquant l'outil MFCA, les flux et les stocks de matériaux au sein d'une organisation sont tracés et quantifiés dans les unités physiques (généralement masse ou volume) ; les coûts associés à ces flux de matières (déchets et produit résiduels inclus) sont par la suite identifiés et évalués (ISO 14051:2011). L'objectif est d'encourager l'éco-efficacité dans les organisations en mettant l'accent sur la réduction de l'utilisation de ressources et d'énergie ainsi que la réduction de coûts qui peut potentiellement s'y associer (Christ et Burritt, 2015). Cette évaluation comptable peut être étendue tout au long de la chaîne logistique, en amont comme en aval, pour établir une approche intégrée.

La méthode MFCA subdivise les coûts de production au sein d'une entreprise en trois catégories (Hyršlová et al., 2011) :

- les coûts des matériaux ;
- les coûts du système ;
- les coûts de livraison et d'élimination de déchets.

Les coûts des matériaux sont associés à l'achat des matières premières. Les coûts du système sont ceux liés au transport de matériaux au sein de l'entreprise et comprennent les coûts de la main-d'œuvre ainsi que de la dépréciation des machines. Les frais de livraison et d'élimination se rapportent aux coûts de transport hors de l'entreprise et comprennent les coûts d'emballage, les coûts de carburant des véhicules et les frais d'élimination des déchets. L'idée de cette approche, et qui la différencie des autres méthodes d'évaluation, est d'inclure tous les coûts liés aux déchets engendrés par un processus de production. Par la prise en compte et la valorisation des outputs résiduels, l'objectif du MFCA est d'améliorer à la fois la performance environnementale et la performance économique grâce à une amélioration de la consommation de matériaux et d'énergie.

ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE ASSESSMENT (OU LIFE CYCLE ASSESSMENT, ACV)

« *L'Environmental Life Cycle Assessment (E-LCA) est une technique d'évaluation qui vise à compiler et évaluer les inputs, outputs et les subséquents impacts environnementaux potentiels d'un système ou d'un produit tout au long de son cycle de vie* » (Kloepffer, 2008). Le terme « produit » désigne à la fois les biens et les services. Le cycle de vie d'un produit comprend toutes les étapes, de l'acquisition de matières premières ou de la production de ressources naturelles à la disposition du produit en fin de vie, y compris l'extraction et le traitement des matières premières ; fabrication ; distribution ; utilisation ; réutilisation ; entretien ; recyclage ; et l'élimination finale (c.-à-d. du berceau à la tombe). Les termes E-LCA et LCA sont synonymes ; l'expression *Environmental* est incluse pour le différencier de l'Analyse de cycle de vie social (S-ACV), une approche qui est actuellement développée (UNEP, 2009).

ANALYSE DE CYCLE DE VIE SOCIAL

Le *Analyse de cycle de vie social* (S-ACV) est une technique d'évaluation d'impact social potentiel qui cherche à estimer les aspects sociaux d'un produit ou d'un système (UNEP 2009 ; Kloepffer, 2008). Le terme « produit » désigne à la fois les biens et les services. L'approche cherche à déterminer les impacts potentiels, positifs et négatifs, liés à un produit tout au long de son cycle de vie. Comme pour le E-LCA, toutes les étapes du cycle de vie sont incluses, de l'acquisition de matières premières ou de la production de ressources naturelles à la disposition du produit en fin de vie, y compris l'extraction et le traitement des matières premières ; fabrication ; distribution ; utilisation ; réutilisation ; entretien ; recyclage ; et l'élimination finale (c.-à-d. du berceau à la tombe).

LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT

Le Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) est une approche qui intègre les trois dimensions du développement durable en combinant les trois méthodes d'évaluation du cycle de vie : le LCA environnemental (E-LCA), le LCC et le LCA sociale (S-ACV). En pratique le schéma du LCSA peut s'exprimer ainsi (Kloepffer, 2008) :

$$LCSA = E-LCA + LCC + S-ACV$$

Il faut noter que les résultats de ses trois analyses sont *a priori* exprimés en unités différentes ce qui complique leur interprétation. Il faudrait donc faire comme pour l'analyse coûts-bénéfices et chercher à monétariser l'ensemble pour faciliter la synthèse des résultats et subséquente prise de décision.

FULL COST ACCOUNTING

Le *Full Cost Accounting* (FCA) n'est pas une méthodologie en soi. Il s'agit d'un **concept** qui définit un ensemble de méthodes de comptabilité et de gestion caractérisées par le fait qu'elles cherchent à intégrer l'ensemble des coûts économiques et environnementaux d'un produit ou d'un système tout au long du cycle de vie (Jasinske et al., 2015 ; Gluch et Baumann, 2004 ; Spitzer et al. 1993). Ainsi, l'E-LCC, le S-LCC ou encore une ACV monétarisée sont des méthodes FCA. Le tableau suivant explicite quelques méthodes FCA identifiées par Jasinske et al. (2015).

Table 4
FCA methods identified through the literature review.

Methodological stream	Type of assessment	Cost focus	Scope (boundaries)	Type of information
1. SAM	Integrated	Damage cost	Wide	Internal and External
2. FFF's sustainability accounting	Environmental, Integrated (AlcCo and ChemCo only)	Avoidance/Remediation cost, Damage cost (AlcCo only)	Narrow	Internal and External
3. USEPA's method	Economic (one environmental study)	Market methods	Narrow and wide	Internal (One external study)
4. Monetised LCA approach	Environmental, Human health	Multiple	Wide	Internal and External
5. SV concept	Integrated	Opportunity costs	Narrow	Internal and External
6. PUMA E P&LA	Environmental	Multiple	Wide (excluding downstream)	Internal and External
7. CWRT	Economic, Environmental	Damage cost	Wide	Internal and External
8. Ontario Hydro	Environmental, Human health	Damage cost	Wide	Internal and External
9. Extended LCC	Economic, Environmental	Damage cost	Wide	Internal and External
10. ExternE	Environmental, Social	Multiple	Wide	External

COST-BENEFIT ANALYSIS (CBA, ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES, ACB)

Le *Cost-Benefit Analysis* est une méthode d'analyse utilisée pour juger les avantages ou désavantages d'une décision en estimant ses coûts et ses bénéfices afin d'évaluer la variation de bien-être social qu'elle génère (Commission Européenne, 2015). Ainsi, l'ensemble des coûts et bénéfices sont respectivement définis comme des baisses et hausses de bien-être social ou d'utilité (OCDE, 2007). L'objectif du CBA est de faciliter la prise de décision sur la réalisation d'une action (généralement d'un projet d'investissement ou d'une politique) ; le principe est de conseiller l'option pour laquelle les bénéfices sont supérieurs aux coûts d'un point de vue sociétal (Meunier et Marsden, 2009).

Compte tenu de l'objectif fondamental de la CBA qui est d'estimer l'impact global d'une décision sur l'ensemble de la société, le périmètre d'analyse essaie d'inclure tous les impacts directs ainsi que les effets environnementaux externes (OCDE, 2007).

En pratique, la CBA cherche à déterminer :

- si la proposition fournit un bénéfice net à l'ensemble de la société ;
- si le projet, programme ou réglementation considéré doit être mise en œuvre ;
- si un projet ou programme existant doit se poursuivre ;
- parmi plusieurs projets concurrents, lequel devrait être sélectionné.

La CBA se différencie des autres méthodes étudiées dans cette section par le fait qu'elle inclut explicitement les bénéfices engendrés ou qui seront potentiellement engendrés. L'analyse CBA implique l'étude des résultats nets, c'est-à-dire des coûts moins les bénéfices.

E. Cas d'études analysés

- Ally, J., & Pryor, T. (2016). Life cycle costing of diesel, natural gas, hybrid and hydrogen fuel cell bus systems: An Australian case study. *Energy Policy*, 94, 285-294.

- But de l'étude :

Déterminer le coût du cycle de vie de quatre systèmes technologiques de transport en bus : diesel, gaz naturel, hybride, pile à hydrogène

- Approche : LCC conventionnel
- Pays : Australie

- Ristimäki, M., Säynäjoki, A., Heinonen, J., & Junnila, S. (2013). Combining life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district energy system design. *Energy*, 63, 168-179.

- But de l'étude :

L'étude combine LCC et ACV afin d'identifier les technologies réelles qui pourraient fournir la solution la plus durable ; l'étude cherche également à évaluer les émissions et les potentiels d'atténuation relatifs associés aux différentes technologies.

- Approche : couplage LCC et ACV en parallèle
- Pays : Finlande

- Martinez-Sanchez, V., Kromann, M. A., & Astrup, T. F. (2015). Life cycle costing of waste management systems: Overview, calculation principles and case studies. *Waste management*, 36, 343-355.

- But de l'étude :

Comparer le LCC des différents systèmes de gestion de déchets

- Approche : LCC conventionnel, E-LCC et S-LCC

F. Analyse approfondie des outils

a. European commission LCC tool

Cet outil Excel a été développé en collaboration par « Studiofieschi & Soci » et l'École Supérieure Sant'Anna, et commandité par la Commission Européenne dans le cadre ses initiatives pour développer la pratique de marchés publics « verts » (Green Public Procurement). Il est en principe destiné aux acteurs du secteur public pour la passation des marchés.

Depuis une perspective d'acheteur, l'outil permet la réalisation de LCC pour les catégories de produits suivantes :

- matériel informatique ;
- éclairage public et pour bureau ;
- électroménager ;
- distributeurs automatiques ;
- équipement médical électrique.

L'outil permet la prise en compte de certaines externalités environnementales (coûts indirects). Pour ce faire, les facteurs de coûts concernés (ceux qui sont à l'origine de l'externalité) telle que le kWh d'électricité sont d'abord caractérisés par un profil de ressources / émissions (en utilisant les données d'inventaire du cycle de vie accessibles au public), puis convertis en impacts environnementaux en appliquant une méthode de caractérisation des impacts (par exemple le potentiel de réchauffement climatique du GIEC). Les impacts environnementaux sont transformés en coûts en appliquant des facteurs de monétarisation aux impacts environnementaux calculés.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Grande variété de produits, avec une catégorisation des coûts adaptée à chaque type de bien (pour une machine à laver par exemple, l'outil propose la consommation d'eau et de détergent). • Adaptation possible en fonction du pays et devises (européennes). • Comparaison possible de 10 produits alternatifs. • Présentation des résultats (coûts directs, externalités et le total) en unités monétaires (l'impact environnemental des émissions de GES étant monétarisé). 	<ul style="list-style-type: none"> • Une seule catégorie d'impact prise en compte : le changement climatique. • L'impact environnemental calculé par l'outil concerne uniquement la phase d'utilisation. • Les formules et les facteurs d'émission ne sont pas directement explicités dans l'outil.

b. SMART-SPP EU project LCC and CO2

L'outil Excel a été développé par le projet européen Smart SPP et financé par le fonds « Intelligent Energy Europe ». Il est destiné en principe aux acheteurs publics et privés.

L'outil est :

- général ; adapté à tout type d'objet ;
- permet la prise en compte des émissions de CO₂ (non monétarisés) ;
- inclut 27 pays membres de l'Union Européenne (la Croatie n'est pas incluse).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Applicable à toute catégorie de produit. • Adaptation possible en fonction du pays (par exemple prise en compte du mix énergétique national). • Prise en compte des émissions de CO₂ large (depuis la phase de production jusqu'au fin de vie). • Transparence : les formules et les facteurs d'émission sont explicités. 	<ul style="list-style-type: none"> • La catégorisation de coûts n'est pas adaptée en fonction du produit ; catégorisation générique. • Uniquement les émissions de CO₂ sont considérées pour l'évaluation d'impact environnemental. • Les résultats du LCC ne comprennent pas les coûts externes. On a donc des résultats monétaires d'une part des émissions de CO₂ d'autre part (dans des unités différentes). • Il n'intègre pas d'aspects sociaux.

c. Clean Fleets EU Project LCC Tool

L'outil Excel a été développé par le projet « Clean Fleets » afin d'assister les autorités publiques pour acheter des véhicules plus efficaces d'un point de vue énergétique. Il sert uniquement pour calculer le LCC des voitures.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La catégorisation de coûts est totalement adaptée aux véhicules. • L'outil inclut des prévisions d'évolution des prix de carburants (diesel, éthanol, électricité, etc.). • Il est pédagogique et simple ; inclut un exemple de calcul. • Il prend en compte des émissions outre le CO₂, à savoir NO_x, PM, et NMHC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Application restreinte aux véhicules. • La prise en compte de l'impact environnemental (uniquement émissions de CO₂, NO_x, PM, et NMHC) est restreinte à la phase d'utilisation. • Il n'intègre pas d'aspects sociaux.

d. German Federal Environment Agency (UBA) Excel tool

Cet outil Excel a été développé par l'Öko-Institut e.V. en 2008 (Institut pour l'écologie appliquée) pour le compte de l'Agence fédérale de l'environnement dans le cadre du projet « Mise en œuvre nationale des nouvelles lignes directrices de l'UE en matière de passation des marchés publics ». Il peut être utilisé par les responsables publics dans les analyses économiques pour les projets d'attribution de marché et d'investissements.

Catégories de produits :

- ordinateurs ;
- appareils multifonctionnels ;
- système d'irrigation ;
- équipement de service de nettoyage.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Le cadre d'application de l'outil clairement défini. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'outil n'intègre ni des aspects environnementaux ni des aspects sociaux.

<ul style="list-style-type: none"> • L'outil simple, pédagogique et transparent. • Il permet la comparaison du LCC de 4 alternatives. • Bien que l'outil ait été conçu pour l'évaluation des objets mentionnés ci-dessus, il peut être généralisé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il est disponible uniquement en allemand.
---	---

e. The Berliner Energy Agency "Buy smart" EU-Project costing tools

Le projet Buy Smart+ en action entre 2012 et 2014, propose une information et des outils en libre accès en matière d'approvisionnement responsable. Il s'adresse aussi bien aux organismes privés que publics.

Catégories de produits :

- éclairage ;
- véhicules ;
- appareils ménagers ;
- électricité verte ;
- matériel informatique.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Outil qui se veut simple et pédagogique avec de nombreux guides d'application. • En parallèle au LCC, l'outil permet la comparaison des aspect environnementaux. L'utilisateur détermine au préalable les critères environnementaux d'attribution qu'il souhaite respecter (consommation d'eau et d'énergie maximale...). Il choisit ensuite une pondération de ces critères d'attribution lors de l'évaluation des offres. Cette pondération est reprise dans l'outil et permet à l'utilisateur de hiérarchiser les alternatives. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il est disponible uniquement en allemand. • L'outil ne permet pas l'affichage graphique des résultats. • Il n'est pas généralisable à des objets, outre ceux mentionnés ci-dessus. • Il n'intègre pas d'aspect social.

f. The ZVEI (German Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) tool

C'est un outil Excel d'aide à l'investissement développé par ZVEI en coopération avec Deloitte en 2011 et le soutien de neufs entreprises (ABB, Auma, Endress + Hauser, Festo, Krohne, Pepperl + Fuchs, Phoenix Contact, Siemens, Vega) à destination de tout type d'organisation, privées ou publiques.

Catégories de produits :

- projets à grande échelle.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Outil très détaillé ; il dispose de plusieurs catégories de coûts. • Permet la comparaison du LCC de deux projets ainsi que leurs coûts par phase. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de possibilité de comparer plus de 2 projets • Coûts de maintenance ne sont pas explicitement affichés

<ul style="list-style-type: none"> • L'outil permet de réaliser une analyse de sensibilité des paramètres de coût et du taux d'actualisation • Affichage graphique des résultats • Détail par phase du projet • Outil adaptable à tout projet d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> • La catégorisation de coûts n'est pas adaptée ; catégorisation générique. • L'outil n'intègre ni d'aspects environnementaux ni d'aspects sociaux.
--	---

g. The Swedish National Agency for Public Procurement's LCC tools

Cet outil Excel a été développé par l'agence suédoise pour l'achat public. Il est en principe destiné aux acteurs du secteur public pour la passation des marchés.

Depuis une perspective d'acheteur, l'outil permet la réalisation de LCC pour les catégories de produits suivantes :

- réfrigérateurs et congélateurs professionnels ;
- appareils ménagers ;
- éclairage intérieur et extérieur ;
- distributeurs automatiques.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs outils avec une catégorisation des coûts adaptée aux types de biens. • Outils simples et pédagogiques ; les formules et paramètres sont clairement explicités. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adapté aux spécificités suédoises (prise en compte du mix énergétique suédois, devise nationale). • Seules les émissions de CO₂ sont considérées pour l'évaluation de l'impact environnemental. • Les résultats du LCC et des émissions du CO₂ sont présentés séparément. • Il n'intègre pas d'aspects sociaux.

h. Danish Environmental Protection Agency TCO36 calculators

Cet outil Excel a été développé par le Ministère Danois de l'Environnement et de la Nourriture. Il est en principe destiné aux acteurs du secteur public pour la passation des marchés. Depuis une perspective d'acheteur, l'outil permet la réalisation de LCC pour les catégories de produits suivantes :

- distributeurs automatiques ;
- systèmes d'éclairage ;
- matériel informatique ;
- réfrigérateurs et congélateurs.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs outils avec une catégorisation des coûts adaptée aux types de biens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adapté aux spécificités danoises.

³⁶ Le Total Cost of Ownership est équivalent au LCC calculé du point de vue d'un acheteur (cf. annexe 0)

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Outils simples et pédagogiques ; les formules et paramètres sont clairement explicités.• L'outil inclut de l'information sur les prix de l'énergie et hypothèse sur leur évolution.• Il propose également des durées de vie par produit (par exemple 3 ans pour un ordinateur) | <ul style="list-style-type: none">• Les outils sont uniquement disponibles en danois.• L'outil n'intègre ni d'aspects environnementaux ni d'aspects sociaux. |
|--|---|

G. Liens web vers les outils informatiques LCC

EUROPEAN COMMISSION LCC TOOL

Lien vers l'outil

http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/SF_SSSUP_ELCC.xlsm

Lien vers le guide d'utilisation

http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/LCC_tool_user_guide_final.pdf

SMART-SPP EU PROJECT LCC AND CO2

Lien vers l'outil

http://www.smart-spp.eu/fileadmin/template/projects/smart_spp/files/Guidance/Final_versions/ENG_SMART_SPP_LCC_CO2_tool_v2.1.xls

Lien vers le guide d'utilisation

http://www.smart-spp.eu/fileadmin/template/projects/smart_spp/files/Guidance/Final_versions/EN_SMART_SPP_Tool_User_Guide_2011_FINAL.pdf

CLEAN FLEETS EU PROJECT LCC TOOL

Lien vers l'outil

http://www.clean-fleets.eu/fileadmin/files/documents/Publications/LCC_tool_Aug_2015/Clean_Fleets_LCC_tool_-_EN.xlsm

THE SWEDISH NATIONAL AGENCY FOR PUBLIC PROCUREMENT'S LCC TOOLS

Lien vers l'outil

Générique :

- http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_general_vers-1.2.xlsx

Systemes d'éclairage interne est externe :

- http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_indoor-lighting_vers-1.0.xlsm
- http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_outdoor-lighting_vers-1.1.xlsm

Distributeurs automatiques :

<ul style="list-style-type: none"> • http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_coffee-and-other-vending-machines_vers-1.0.xlsx
<p>Lave-vaisselles et lave-linge :</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_household-appliances-dishwasher-and-washing-machine_vers-1.0.xlsx
<p>Frigos et congélateurs ménagers et professionnels :</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_household-appliances-fridgefreezer-and-tumble-dryer_vers-1.0.xlsx • http://www.upphandlingsmyndigheten.se/globalassets/omraden/uhm_lcc_tool_professional-kitchens-fridgefreezer_vers-1.0.xlsx

GERMAN FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY (UBA) EXCEL TOOL

Lien vers l'outil
www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/dokumente/lcc_tool.xls

THE BERLINER ENERGY AGENCY "BUY SMART" EU-PROJECT COSTING TOOLS

Lien vers l'outil
<p>Générique</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/1791.BuySmart_LCC_Berechnungshilfe.xls</p>
<p>Eclairage</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/488.BuySmart_Berechnungshilfe_Lampen.xls</p> <p>Ballast</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/489.BuySmart_Berechnungshilfe_Vorschaltgeraete.xls</p>
<p>Véhicules</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/2432.BuySmart+_Berechnungshilfe_Fahrzeuge1.xls</p>
<p>Electroménager</p> <p>Sécheur à évacuation d'air</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/499.BuySmart_Berechnungshilfe_Ablufttrockner.xls</p> <p>Sécheur à condensation</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/493.BuySmart_Berechnungshilfe_Kondensationstrockner.xls</p> <p>Machines à laver</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/495.BuySmart_Berechnungshilfe_Waschmaschinen.xls</p> <p>Sèche-linge</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/496.BuySmart_Berechnungshilfe_Waschtrockner.xls</p> <p>Lave-vaisselle</p> <p>http://buy-smart-info.de/media/file/500.BuySmart_Berechnungshilfe_Geschirrspueler.xls</p> <p>Réfrigérateurs et congélateurs</p>

http://buy-smart-info.de/media/file/501.D2_5_BuySmart+_Berechnungshilfe_Kuehl-Gefriergeraete.xls Fours électriques http://buy-smart-info.de/media/file/491.BuySmart_Berechnungshilfe_elektrische_oefen.xls
Equipement de bureau http://buy-smart-info.de/media/file/994.D2_5_BuySmart+_Berechnungshilfe_Buerograete.xls
Électricité verte http://buy-smart-info.de/media/file/487.BuySmart_Berechnungshilfe_Oekostrom.xls

Lien vers les guides/modules de formation

Flyer http://buy-smart-info.de/media/file/1580.BuySmart+_flyer_deutsch.pdf
Introduction « Achats écologiques »
Module de formation « Eclairage » http://buy-smart-info.de/media/file/260.D4_2_BuySmart_Beleuchtung.pdf
Module de formation « Véhicules » http://buy-smart-info.de/media/file/261.D4_2_BuySmart_Fahrzeuge.pdf
Module de formation « Construction » http://buy-smart-info.de/media/file/816.D4_2_BuySmart_Gebaeude.pdf
Module de formation « Electroménager » http://buy-smart-info.de/media/file/262.D4_2_BuySmart_Haushaltsgeraete.pdf
Module de formation « IT » http://buy-smart-info.de/media/file/625.D4_2_BuySmart_IT.pdf
Module de formation « électricité verte » http://buy-smart-info.de/media/file/264.D4_2_BuySmart_OEkostrom.pdf
Module de formation « Etiquetage » http://buy-smart-info.de/media/file/626.BuySmart_Label.pdf
Module de formation « Ecoconception » http://buy-smart-info.de/media/file/268.BuySmart_EuP.pdf
Directives en matière d'approvisionnement http://buy-smart-info.de/media/file/1085.D4_2_BuySmart_Trainingsmodul_Beschaffungsrichtlinien.pdf

Approvisionnements mutualisés

http://buy-smart-info.de/media/file/2741.D4.1_BuySmart+_joint_procurement_DE.pdf

Dialogue compétitif

http://buy-smart-info.de/media/file/2740.D4.1_BuySmart+_competitive_dialogue_DE.pdf

Plus d'informations

http://buy-smart-info.de/media/file/1086.D4_2_BuySmart_Informationsmoeglichkeiten.pdf

THE ZVEI (GERMAN ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK- UND ELEKTRONIKINDUSTRIE E.V.) TOOL

Lien vers l'outil

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Themen/Energie/Lifecycle_Cost_Evaluation_LCE_/excel/calculation_tool_LCE_blank.xls

Lien vers le flyer de présentation

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Themen/Energie/Lifecycle_Cost_Evaluation_LCE_/pdf/FLYER_LCC_English.pdf

DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY TCO CALCULATORS

Lien vers l'outil

<http://csr-indkob.dk/>

Lien vers le guide d'utilisation

http://mst.dk/media/133147/danish_epa_tco_guide_computers.pdf

H. Références académiques concernant le couplage du LCC avec l'ACV

Des efforts ont été réalisés pour développer un cadre d'application commun des approches LCC et LCA. Les plus notables dans la littérature sont :

- Moreau, V., Weidema, B.P., *The computational structure of environmental life cycle costing*, The Int J of Life Cycle Assess, October 2015, Volume 20, Issue 10, pp 1359-1363.
- Heijungs R, Settanni E, Guinée J (2013) Toward a computational structure for life cycle sustainability analysis: unifying LCA and LCC. Int J Life Cycle Assessment 18(9):1722–1733.
- Swarr, T. E., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H. L., Ciroth, A., Brent, A. C., & Pagan, R. (2011). Environmental life-cycle costing: a code of practice.
- Rebitzer, G. (2002). Integrating life cycle costing and life cycle assessment for managing costs and environmental impacts in supply chains. In Cost management in supply chains (pp. 127-146). Physica-Verlag HD.
- Norris, G.A. Integrating life cycle cost analysis and LCA, Int. J. LCA (2001) 6: 118.

I. Analyse approfondie des outils permettant le couplage

Tous ces outils peuvent également exécuter un LCC seul. Les logiciels sont comparés à partir d'une étude de cas simple tirée d'une publication de Moreau et Weidema (2015) sur le cycle de vie d'une chaise en bois, avec une durée de vie de 2 ans. L'unité fonctionnelle est : s'asseoir pendant 10 ans, donc 5 chaises sont considérées. Le cycle de vie du produit est simplifié par 5 processus pour créer le système du produit (voir Figure 11 : système du produit).

Les coûts et les flux de matières pour les procédés sont présentés dans le Tableau 3 : activités et flux du cycle de vie d'une chaise en bois.

Tableau 3 : activités et flux du cycle de vie d'une chaise en bois

Procédés	Produit	Flux physique	Prix	Coût	Valeur ajoutée
Production d'électricité	Electricité	1 MJ	5 €/MJ	5€	5€
Production de bois	Bois	1 kg	1 €/kg	1€	1€
Production de la chaise	Electricité	-2 MJ	5€/MJ	-10€	10€
	Bois	-5 kg	1 €/kg	-5€	
	Chaise	1 pièce	25€/pièce	25€	
Utilisation de la chaise	Chaise	-5 pièces	25€/pièce	-125€	0€
	Chaise cassée	5 pièces	-2€/pièces	-10€	
	S'asseoir	10 années	13.5€/an	135€	
Élimination de la chaise	Chaise cassée	-1 pièce	-2€/pièce	2€	2€

Source : Moreau et Weidema (2015)

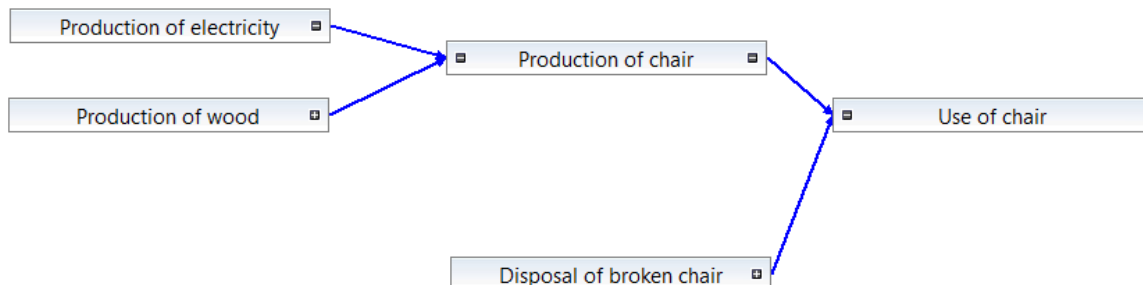


Figure 11 : système du produit

a. GaBi

Description

GaBi est un logiciel payant utilisé pour la modélisation ACV des produits ou des services, la réalisation d'évaluations environnementales et le calcul du LCC ; il est largement utilisé dans le monde entier. Nous présentons ici la version 7.3.3.3.153.

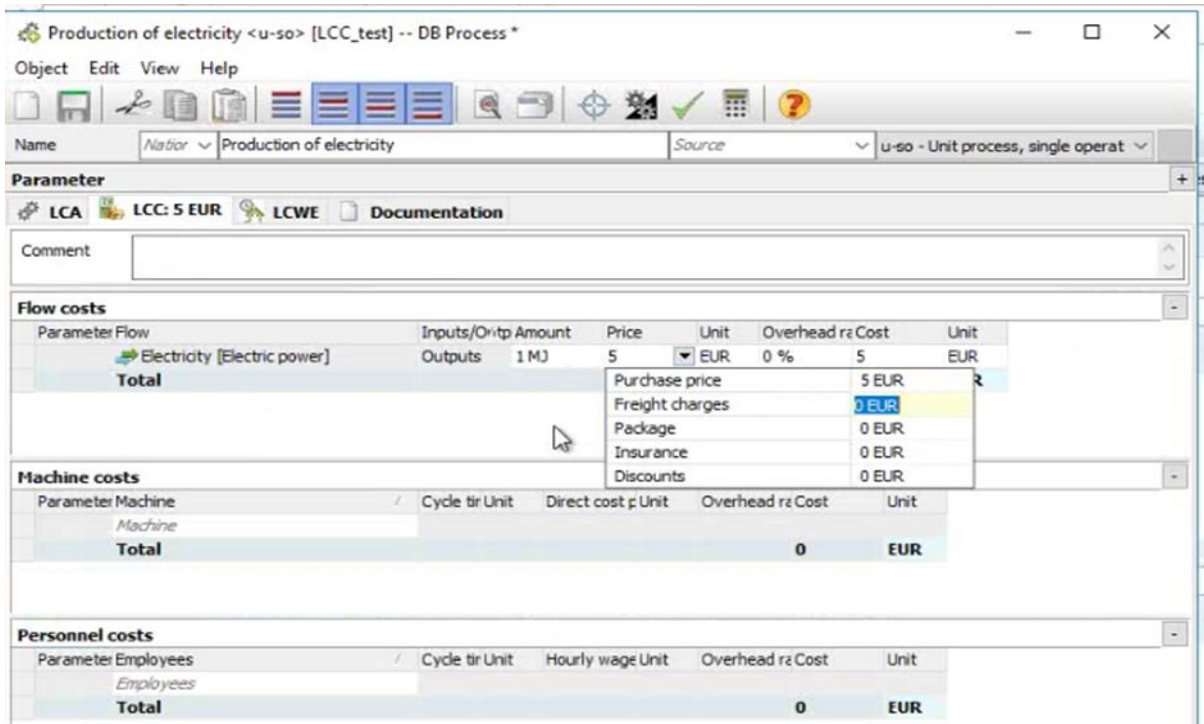
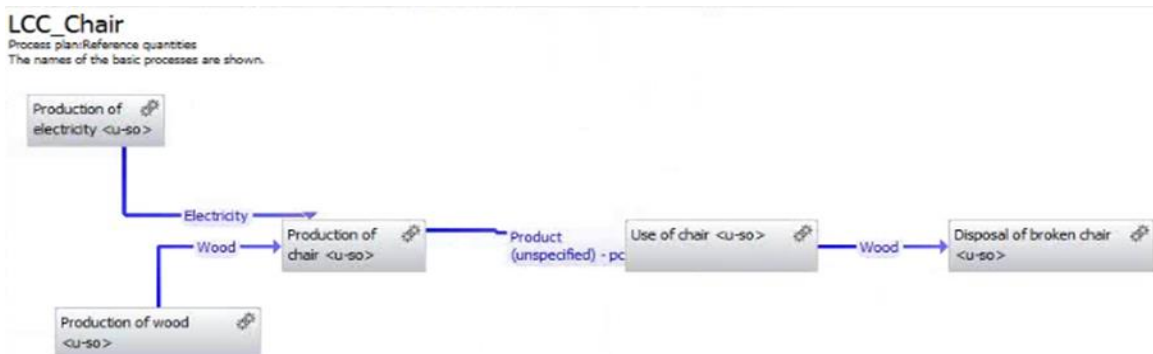


Figure 12

Dans ce logiciel ACV, il est possible d'associer des coûts directement aux procédés dans une section séparée, distincte de l'inventaire. La section LCC permet de spécifier les coûts des procédés, les coûts des machines et les coûts de personnel (voir Figure 13). Les coûts associés à chaque input (par exemple l'électricité) sont calculés comme la somme du prix d'achat, des frais de transport, du forfait, de l'assurance et des escomptes. Dans l'exemple illustré par la Figure 13, le coût de l'input « électricité » est donc de 5 €, le montant son prix d'achat (les frais de transport, le forfait, l'assurance et les escomptes étant nuls).

Déroulement

La création du système du produit commence par la définition des flux (flèches bleues) et des procédés (carrés gris) auxquels les coûts sont associés. Il est possible de définir si un flux est un input, un output



ou aucun. Les procédés sont ensuite connectés dans un plan (voir [Figure 13](#)), affichant ainsi les procédés consécutifs qui aboutissent dans la fabrication du produit final.

Figure 13

Une fois que le système est établi, il est possible de calculer le bilan. La section du bilan affiche les résultats de l'inventaire du cycle de vie sous forme de liste des flux d'entrée et de sortie de tous les procédés pendant le cycle de vie.

Disponibilité de données

Le logiciel GaBi permet l'accès aux bases de données GaBi, Ecoinvent, U. S. LCI et il est également possible d'avoir des jeux de données définis par l'utilisateur. **Les bases de données actuelles ne fournissent que peu d'informations sur les prix.**

Le logiciel dispose également des bases de données des facteurs de conversion entre devises.

Résultats et possibilités d'analyse

Les bilans sont présentés dans des tableaux par catégorie de coûts : flux, machines et main d'œuvre. Les résultats peuvent également être visualisés sous forme de graphiques.

Application du logiciel

Avec GaBi, le praticien peut réaliser des LCC seuls ou en combinaison avec l'ACV pour des produits et services de toute complexité.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Adaptable à une gamme de produits différents. LCC réalisable seul ou couplage avec l'ACV. Adapté pour faire la conversion de devises. Bonne catégorisation des coûts : flux, machines et personnel Prise en compte des variations de prix et des taux d'actualisation. 	<ul style="list-style-type: none"> Faible disponibilité de données sur les prix sont disponibles Risque de se perdre dans un modèle de système complexe, ce qui peut mener à un modèle de cycle de vie global incohérent La mise en place du modèle prend relativement du temps par rapport aux autres outils.

b. OpenLCA

Description

C'est un logiciel gratuit et open source qui permet la modélisation du cycle de vie d'un produit ou d'un service ; l'outil est de plus en plus utilisé dans le monde. La version utilisée est l'OpenLCA 1.6.3.

Les coûts sont modélisés dans le logiciel en les associant aux produits intermédiaires, déchets ou flux élémentaires, qui sont en fait les inputs et outputs de procédés. Les coûts peuvent être positifs ou négatifs ; un coût négatif est considéré comme de la valeur ajoutée.

Déroulement

D'abord les flux et les procédés sont définis pour établir le système du produit ([Figure 15](#)). Le calcul du LCC du produit est obtenu en additionnant la valeur ajoutée de chaque procédé.

Plus précisément, tout montant positif saisi en tant :

- qu'output est considéré comme un revenu ;

- qu'input (flux élémentaires) est considéré comme un coût.

Les coûts sont affichés en violet et les revenus en vert. Les déchets sont indiqués en violet s'ils se

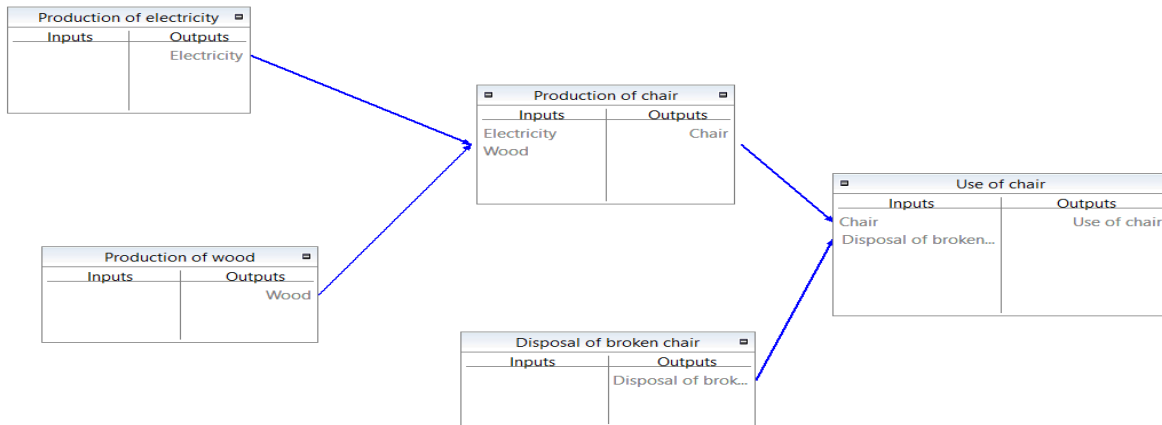


Figure 14

trouvent dans la section des outputs ou en vert s'ils se trouvent dans la partie des inputs. Le lien direct avec les flux d'inputs/outputs facilite et accélère la mise en place des informations de coûts dans les processus

Résultats et possibilités d'analyse

Le logiciel affiche à la fois les coûts et la valeur ajoutée (voir Figure 15), ainsi que les résultats de l'inventaire et de l'évaluation d'impact environnementale. Le logiciel offre ainsi une bonne combinaison d'évaluation environnementale et d'analyse des coûts.

Total requirements					
Process	Product	Amount	Unit		Added value
P Production of electricity	Fe Electricity	10.00000	MJ	■	50.00 USD
P Production of chair	Fe Chair	5.00000	Item(s)	■	50.00 USD
P Production of wood	Fe Wood	25.00000	kg	■	25.00 USD
P Disposal of broken chair	Fe Disposal of broken chair	5.00000	Item(s)	■	10.00 USD
P Use of chair	Fe Use of chair	10.00000	a		0.00 USD

Total added value: 135.00 USD

Figure 15

OpenLCA est très flexible car le logiciel permet de spécifier des coûts distincts pour chaque procédé. Le répertoire appelé « contribution tree » offre une bonne vue d'ensemble de la valeur ajoutée ou des coûts nets exprimés en pourcentage (voir Figure 17).

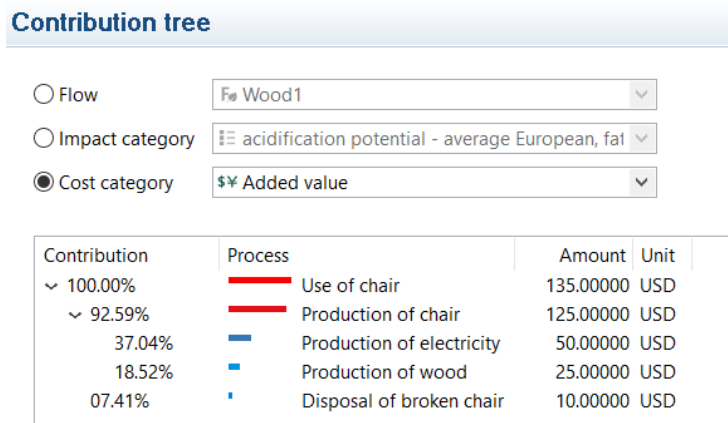


Figure 16

Disponibilité des données

Les bases de données au format EcoSpold ou ILCD peuvent être importées dans le logiciel. Par ailleurs, des bases de données gratuites et à l'achat sont mises à disposition pour utilisation et peuvent être téléchargées à partir du site Web du logiciel. La base de données Ecoinvent v. 3.3 au format openLCA fournit les prix de tous les produits, à l'exception des déchets et de leur élimination. Sinon, les prix peuvent être insérés manuellement dans la section d'inputs/outputs pour chaque procédé. Plusieurs devises sont disponibles dans la base de données intégrée au logiciel.

Application du logiciel

Le logiciel est facile à utiliser. OpenLCA peut être utilisé pour réaliser des LCC seuls ou en combinaison avec l'ACV pour des produits et services de toute complexité.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Logiciels libres et open source • Utilisable pour l'évaluation de presque tous les produits • Adaptable à différents pays et devises • Résultats sont indiqués sous forme de valeurs totales et par phase du cycle de vie • Différentes options peuvent être comparées • Prise en compte de la variabilité du marché est possible lorsque les modèles d'incertitude sont affectés à des paramètres de prix. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficile de réaliser l'actualisation des flux monétaires.

c. SimaPro

Description

C'est un logiciel payant conçu pour la modélisation du cycle de vie d'un produit ou d'un service, généralement utilisé pour l'évaluation environnementale. C'est également l'un des principaux logiciels d'ACV. Ici, nous analysons la version 8.4.

Le logiciel ne permet pas d'associer directement les coûts au cycle de vie. Il faut créer une méthode d'évaluation économique : des catégories et sous-catégories d'impact (qui représentent les coûts), des flux et substances de dommages connexes. Le LCC est alors exprimé comme tous les autres résultats d'évaluation environnementale de SimaPro.

Deux options sont envisagées :

- Des procédés différents qui contribuent à un même objet.

Ici, les procédés contribuant à un résultat sont précisés avec leur contribution absolue, sans expliciter liens entre eux (cf. [Figure 17](#)).

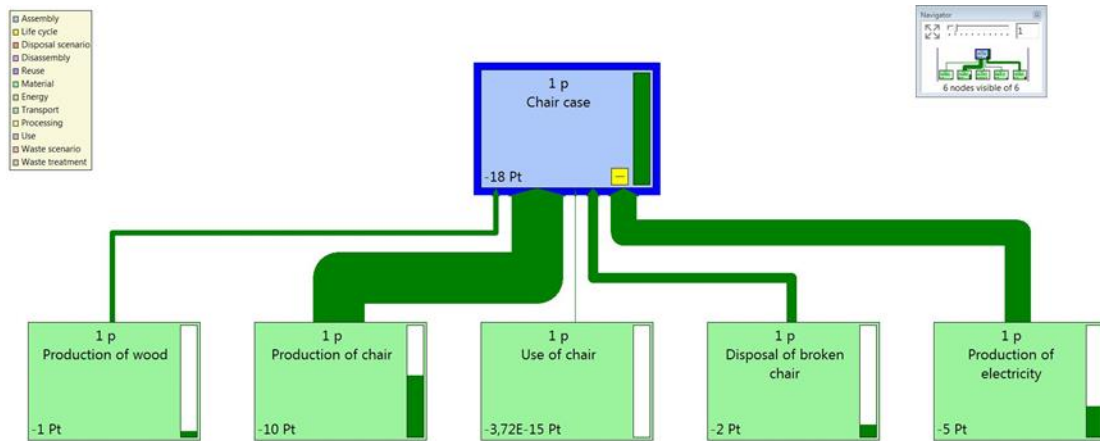


Figure 17

- Des procédés interconnectés (cf. Figure 18).

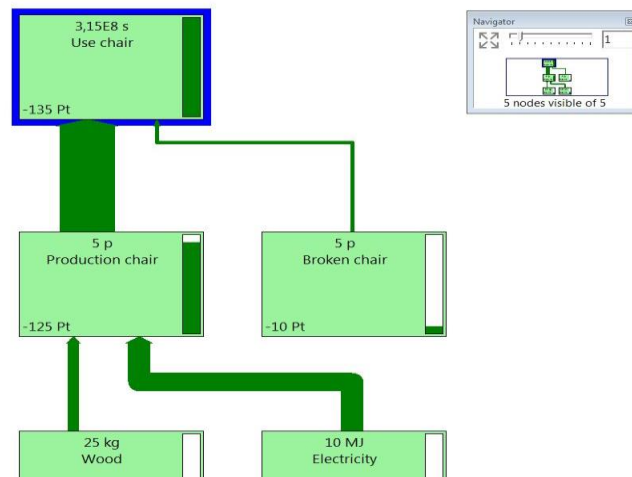


Figure 18

Disponibilité des données

SimaPro ne fournit pas d'information sur les prix pour les flux et les procédés dans ses bases de données. Les données économiques doivent être cherchées ailleurs et encodées manuellement.

Résultats et possibilités d'analyse

Les résultats montrent le LCC ainsi que les coûts de chaque catégorie de coûts tels que définis lors de la création de la méthode.

Application du logiciel

Avec SimaPro, les praticiens peuvent réaliser des LCC seuls ou en combinaison avec l'ACV pour des produits et services de toute complexité.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Adaptable à plusieurs types de produits 	<ul style="list-style-type: none"> • Prix pas directement liés associés aux matériaux

<ul style="list-style-type: none"> • Résultats sont indiqués sous forme de valeurs totale et par phase du cycle de vie • Prise en compte des variations des prix est possible grâce à des modèles d'incertitude • Différentes options peuvent être comparées 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas possible de tenir compte de prix différents pour un même matériau dans des processus différents • Taux d'actualisation ne sont pas faciles à considérer
---	--

d. Umberto NXT

Description et approche

Umberto est un logiciel d'ACV développé par IFU Hamburg qui peut également effectuer des analyses des coûts. Nous présentons la version 7.1.13.

Le logiciel permet la modélisation graphique du cycle de vie du produit. L'interface utilisateur permet de dessiner le modèle qui se compose de trois éléments principaux (cf. [Figure 19](#)).

- Procédé : un rectangle avec une bordure bleue
- Matériau : un cercle vert pour un input, un cercle rouge pour un output et un cercle jaune qui relie deux procédés dans le système
- Flèche : une ligne directe reliant les procédés et les matériaux

La spécification du type de matériau est une autre question importante pour la création du système du produit. Il existe trois types de matériaux différents définis par un triangle coloré. Spécifiquement :

- Les bons matériaux (triangle vert) sont considérés comme des dépenses nécessaires à la production d'un produit, par exemple les matières premières et les ressources énergétiques. En outre, ces matériaux peuvent être vendus sur le marché et ont donc une valeur.
- Les mauvais matériaux (triangle rouge) sont des éléments non souhaités ou dépenses non nécessaires, par exemple des émissions et des déchets.
- Les matériaux neutres (triangle jaune) ne sont ni considérés comme une dépense ni comme un revenu.

Déroulement

Le projet commence par la création d'un nouveau modèle et le choix des phases du cycle de vie à inclure dans le calcul. Ensuite, il faut établir les matériaux du projet et les qualifier de bons, mauvais ou neutres (voire sous-section précédente). Le système de produit peut ensuite être modélisé graphiquement (voir [Figure 19](#)) pour inclure des processus, des matériaux et des flèches comme décrit dans la section précédente.

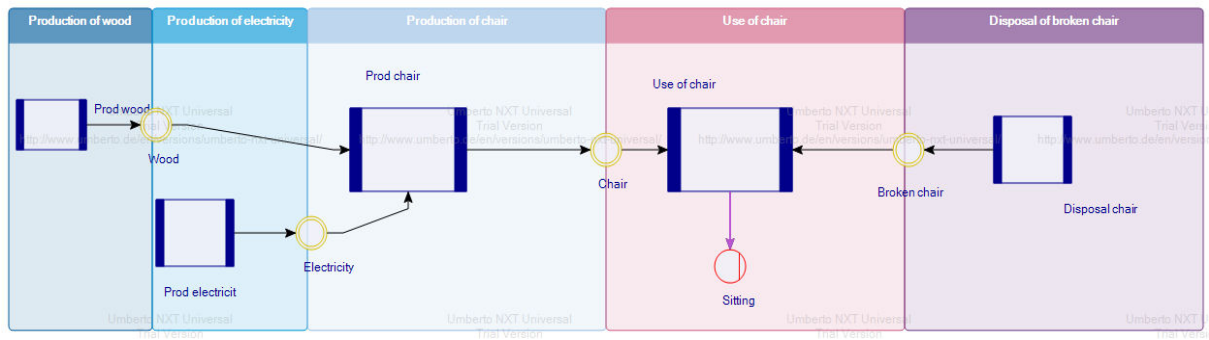


Figure 19

Disponibilité des données

Les bases de données Ecoinvent v3.3 et 2.2 sont disponibles *via* le logiciel. Celles-ci contiennent des données économiques concernant les prix.

Résultats et possibilités d'analyse

Le LCC est exprimé dans la section « Costs » en tant que revenus et dépenses (voir Figure 20). Les coûts peuvent également être exprimés par produit, par procédés, par phases du cycle et catégories de coûts, avec une distinction entre les coûts fixes et variables. Les résultats peuvent être exprimés sous forme de tableaux ou de diagrammes, par exemple sous forme de diagramme de Sankey.

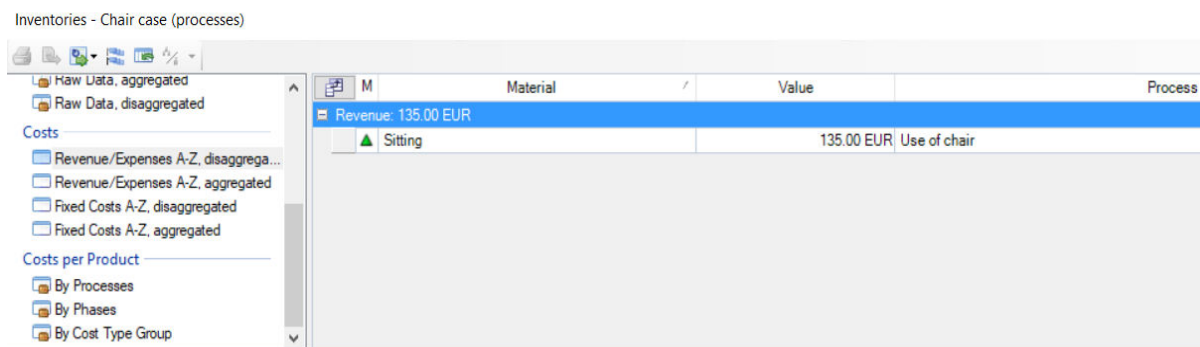


Figure 20

Application du logiciel

Le logiciel permet d'avoir une vue d'ensemble du LCC d'un produit, seul ou couplé à l'ACV. Umberto NXT est recommandé pour réaliser le LCC de n'importe quel produit.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Adaptable à une grande variété de produits différents Modélisation graphique par approche visuelle. 	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'actualisation et variations des prix difficiles à prendre en compte. Conversion de devises non disponible. Pas possible de tenir compte de prix différents pour un même article dans des processus différents. Pour comparer les produits, il est nécessaire de calculer les différents scénarios séparément et d'exporter les données dans Excel.

e. CCaLC2

Description et approche

Le logiciel a été développé par l'Université de Manchester. Le but était de fournir un outil d'aide à la décision et de contribuer au développement des méthodologies d'évaluation incluant le cycle de vie. CCaLC2 permet l'estimation de l'empreinte carbone et peut être utilisé par différents secteurs industriels pour le choix d'options plus performantes d'un point de vue écologique.

L'outil fournit une estimation de la valeur ajoutée totale (égale au coût de l'output final, cf. III.1.3.2.1) et de l'empreinte carbone pour estimer le coût de la réduction de l'empreinte. L'interface utilisateur est intuitive, la base de données est facile d'accès et les calculs sont effectués très rapidement.

Déroulement

La procédure est simple, et commence par la définition des matières premières qui entrent dans les différents procédés de production, les phases de stockage et d'utilisation. Le praticien peut inclure dans l'étape d'utilisation la production de déchets. Le logiciel affiche les résultats liés à la valeur ajoutée, l'empreinte carbone total et ceux associés à chaque procédé du système (cf. Figure 21).



Figure 21 : affichage du système du produit et des résultats

Disponibilité des données

Les données concernant les flux physiques sont disponibles dans la base de données du CCaLC et dans Ecoinvent.

Certaines études de cas avec des prix associés à différents matériaux sont disponibles dans le logiciel et peuvent être modifiées pour s'adapter aux caractéristiques spécifiques de l'objet étudié. Or, les prix des matériaux des bases de données CCaLC et Ecoinvent ne sont pas fournis.

Résultats et possibilités d'analyse

Le logiciel affiche à la fois la valeur ajoutée totale et l'empreinte carbone. En outre, un diagramme (voir Figure 22) montre la valeur ajoutée, les coûts et la valeur de sortie par étage (matières premières, production, stockage et utilisation).

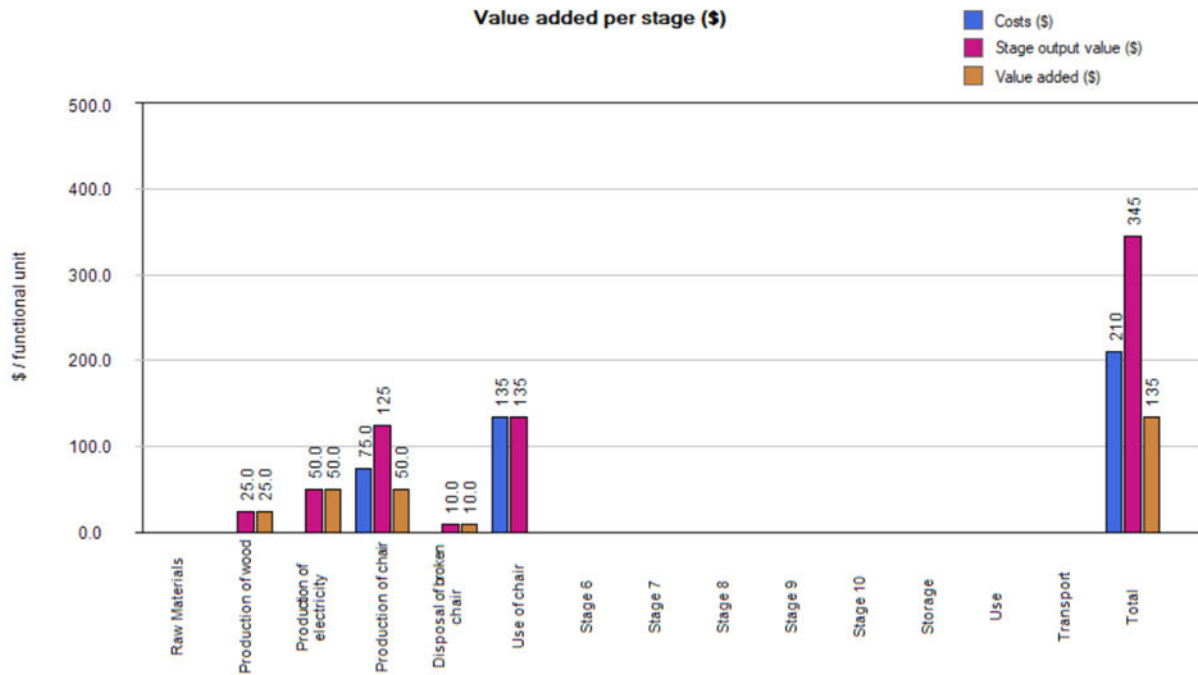


Figure 22

Où l'histogramme en bleu représente les coûts des inputs à chaque étape du cycle de vie, en violet la valeur de l'output de chaque étape et en marron la valeur ajoutée (la différence entre la valeur de l'output et les coûts des inputs).

Application du logiciel

L'utilisation de ce logiciel peut être recommandé en cas d'analyses simples ou d'études préliminaires rapides à développer ultérieurement avec des outils plus complexes et flexibles.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Logiciel gratuit • Interface utilisateur intuitive et simple • Conversion de devises possible • Résultats sont indiqués sous forme de valeurs totales et par phase du cycle de vie • LCC peut être réalisé seul ou en association avec l'évaluation environnementale 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de prise en compte de la variabilité du marché • Pas possible de tenir compte des taux d'actualisation • La structure simple du logiciel est de préférence adaptée pour le LCC de produits et services simples. • Il n'est pas possible de tenir compte d'un prix différent pour un même matériau (par exemple le prix du bois) dans des processus différents.