

ETUDE N°2012-01

## **ANALYSE DU CYCLE DE VIE CONSEQUENTIELLE : IDENTIFICATION DES CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE ET DES BONNES PRATIQUES**

### **SYNTHESE FR**

**Mai 2013**

**Responsable scientifique :** Mélanie GUITON, Enrico BENETTO - Centre de Recherche Public Henri Tudor.



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

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)  
[www.ademe.fr](http://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 des membres de SCORE LCA.

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Les objectifs et finalités de l'étude.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) conséquentielle : vulgarisation du concept et historique .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Comment réaliser en pratique une ACV conséquentielle ?.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Comparaison entre ACV conséquentielle et ACV attributionnelle .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Perspectives de développement de l'ACV conséquentielle : de la standardisation à la définition de bonnes pratiques .....</b>	<b>13</b>

## 1 Les objectifs et finalités de l'étude

Le présent projet de recherche réalisé par le CRP Henri Tudor pour SCORE LCA a trois objectifs:

- 1) réaliser un état de l'art complet et indépendant de l'approche d'ACV conséquentielle (CLCA, ou ACVc) et de son utilisation dans la pratique, en mettant en évidence les fondements méthodologiques la caractérisant et permettant de la distinguer par rapport notamment à l'ACV attributionnelle ;
- 2) rédiger un arbre de décision, qui puisse aider le praticien ACV à choisir la bonne approche d'ACV pour une étude donnée et notamment suggérer quand une approche de type conséquentielle est pertinente, voire nécessaire. (voir le schéma simplifié de l'arbre dans le rapport final).
- 3) dégager des recommandations de recherche et de développement pour améliorer l'approche.

Les objectifs sont adressés tout au long du rapport. Le but de cette synthèse est d'extraire les éléments et conclusions clés dans un souci de transparence afin de rendre le concept de l'ACV conséquentielle accessible pour un public non professionnel de l'ACV.

## 2 L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) conséquentielle : vulgarisation du concept et historique

Bien que le terme « ACV conséquentielle » ait été utilisé pour la première fois lors d'un atelier de travail méthodologique en 2001 (Curran et al, 2002), l'origine du terme date du début des années 90, c'est à dire des débuts de formalisation de la démarche ACV « basique » au sein de la SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry).

Depuis, au fil des années, les discussions autour du terme ont menées à une définition **générale** : « l'évaluation des conséquences, en termes d'impacts environnementaux générés, d'une ou plusieurs action(s) affectant le système technologique étudié ». Néanmoins, la **signification** exacte du terme « ACV conséquentielle », ainsi que les **implications pratiques** (en terme de réalisation d'une étude ACV conséquentielle), sont néanmoins demeurées **vagues et imprécises** jusqu'à la rédaction des deux rapports de Weidema et al., en 2003 et 2009 ([12] et [13]).

Le premier rapport montre pourquoi il est important de prendre en compte les caractéristiques des marchés dans lesquels les produits qui font l'objet d'une ACV sont utilisés et/ou développés. A partir de ces travaux, la notion de « conséquentielle » a toujours été associée à la prise en compte des conditions des marchés, sans pour autant établir des lignes de conduites claires sur la manière dont cela peut être réalisé en pratique.

Le deuxième rapport vise à pallier cette lacune en proposant une approche méthodologique de caractère général pour la réalisation d'une ACV conséquentielle, à savoir sans considérer un secteur d'application spécifique. Ce dernier rapport montre pourtant deux limitations majeures : 1) la terminologie et le jargon utilisés rendent la lecture très peu accessible à des non spécialistes et à des praticiens de l'ACV qui ne sont pas déjà initiés à l'approche conséquentielle ; 2) la méthodologie qui est proposée représente une approche particulière d'ACV conséquentielle, en effet la notion de « conséquentielle » reste plus large que celle proposée par [13], et pourrait être mise en place en suivant d'autres procédures opérationnelles.

Il apparaît donc qu'**aucun ouvrage de référence sur le sujet n'existe à l'heure actuelle**, que le concept même ainsi que sa mise en place sont encore débattus au sein de la communauté scientifique, et donc que l'ACV conséquentielle n'est pas prête pour être appliquée de manière systématique aux problématiques industrielles. Nous doutons d'ailleurs que cela fasse du sens, car comme nous le montrons dans ce rapport, ses finalités et objectifs ne permettent pas de répondre à toutes les problématiques industrielles.

Sur la base des retours d'experts ACV interrogés, de la revue bibliographique et de nos propres développements conceptuels et méthodologiques réalisés dans le cadre de ce projet, une **explication simple de l'ACV conséquentielle** peut commencer par l'unité fonctionnelle (UF). Dans l'ACV conséquentielle l'UF n'est pas une unité de produit, de service ou d'opération d'un procédé (par exemple le transport d'une personne sur 1 km avec un véhicule conventionnel). **L'UF quantifie plutôt un changement relatif à un système technologique qui a eu ou aura lieu dans un contexte économique, social et environnemental bien déterminé** (par exemple le changement de mode de transport de 500.000 personnes.km : de véhicules conventionnels à véhicules électriques).

Le fait d'associer la notion de « conséquentielle » à l'évaluation d'un changement implique que les **résultats de l'ACV conséquentielle ne sont pas proportionnels à l'UF**. Le fait de prendre en compte **l'ampleur réelle** du changement est donc primordiale et représente **le premier élément distinctif** de l'ACV conséquentielle.

Considérer l'ampleur réelle du changement permet de préciser ainsi la notion de « prise en compte des conditions de marché(s) » qui est liée historiquement à l'ACV conséquentielle. En effet afin de définir l'ampleur potentielle du changement il est indispensable de disposer des informations nécessaires concernant le contexte socio-économique et environnemental dans lequel il a lieu.

Cette notion peut être davantage précisée lorsqu'on considère **le deuxième élément distinctif** de l'ACV conséquentielle : **la prise en compte des conséquences (ou effets) indirectes générées par le changement étudié**. La notion « indirectes » s'explique par le fait que les conséquences affectent des technologies et procédés qui ne sont pas indispensables à l'UF, autrement dit qui n'auraient pas été pris en compte par une ACV attributionnelle.

Par exemple, le changement de mode de transport, du fait de l'introduction de véhicules électriques, peut impliquer une augmentation de la capacité de production d'énergie électrique, donc des nouvelles infrastructures, qui peuvent remplacer les anciennes et/ou d'autres activités. Dans d'autres cas, la demande additionnelle d'électricité, faisant suite au changement de mode de transport, pourrait être satisfaite par un fournisseur marginal qui déciderait de changer de client final, pour des raisons économiques ; **ce changement affecterait un autre secteur d'activité (qui a priori n'a rien à voir avec les transports), qui devrait donc changer de fournisseur d'électricité (avec probablement un changement du mode de production de l'électricité) ou modifier sa production.**

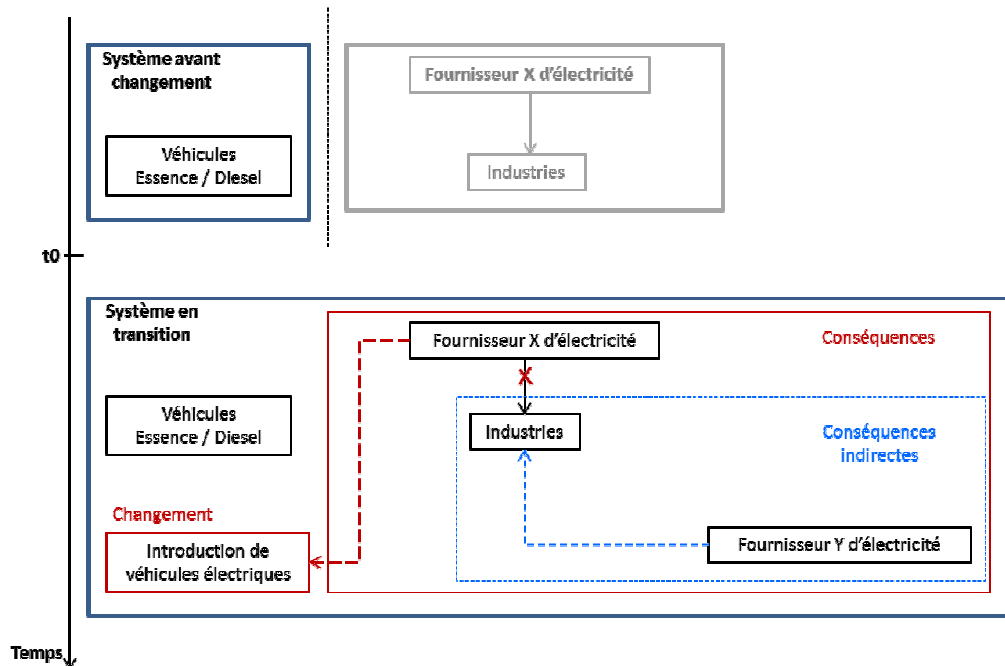


Figure 1 : Prise en compte des conséquences indirectes

Il est clair que l'ensemble de ces changements impliquent des processus qui ne sont pas **directement** nécessaires à l'UF, mais dont les variations doivent néanmoins être prises en compte car elles sont liées par une relation de responsabilité (cause-effet) au changement étudié par l'ACV conséquentielle.

Un deuxième exemple est la mise en place d'une production de bio-carburant dans une région du Brésil. Avant  $t_0$ , dans cette région 90 % des terres exploitées le sont pour l'élevage du bétail, alors que la production de biocarburant est nulle. Il n'y a pas de terres non exploitées disponibles dans cette région. A partir de  $t_0$  l'incitation politique fixe l'objectif d'une production de bio-carburant croissante de +1% par an, pendant 10 ans. On peut dire que le système à  $t_0$  est en situation de « status-quo » : on considère son fonctionnement moyen du point de vue technologique, dans un contexte économique, politique, social figé.

Dans cette situation un exemple d'effet direct serait la modification de l'affectation des terres utilisées initialement pour élever du bétail, à présent exploitées pour la production de bio-carburant ; à posteriori de l'instant  $t_0$ . Un exemple d'effet indirect serait l'importation de viande suite à la modification de l'affectation des terres utilisées initialement pour élever du bétail, à présent exploitées pour la production de bio-carburant. L'effet indirect reflète la prise en compte d'un mécanisme de substitution.

On peut donc affirmer que le champ d'étude de l'ACV conséquentielle inclut tous les processus (**et seulement ceux-là**) qui sont affectés par le changement étudié, même ceux qui ne sont pas directement liés à l'UF. Bien qu'a priori le champ d'étude d'une ACV conséquentielle puisse apparaître plus large que celui d'une ACV attributionnelle, la première n'inclut pas tous les processus directement liés à l'UF mais seulement ceux qui sont affectés par le changement ; pour cela, il n'est pas possible de conclure que la réalisation d'une ACV conséquentielle implique la collecte de davantage de données par rapport à une ACV attributionnelle.

Les **effets indirects** peuvent être dus à la présence de processus d'inventaire contraints (pour des raisons techniques, économiques ou réglementaires), qui doivent ainsi s'adapter à une nouvelle

demande dérivant du changement (par exemple à travers un changement de leur capacité de production ou un changement des relations client-fournisseur). C'est la raison la plus évidente qui est ressortie de l'étude. Par exemple, l'introduction du véhicule électrique sur le marché français pour 10% de la flotte actuelle de véhicules particulier à l'horizon 2020 induirait une hausse de la demande en électricité. Si les capacités de production actuelles ne sont pas en mesure de répondre à cette hausse de la demande à l'horizon 2020, parce que leur exploitation est déjà maximale, la production d'électricité est contrainte. De nouveaux investissements technologiques/infrastructuraux seront nécessaires pour répondre à la demande (effet indirect).

Il existe d'autres sources d'effets indirects, notamment concernant des **processus d'inventaire desquels plusieurs produits sont issus** (un principal et d'autres secondaires). Lorsque le changement (l'UF) induit la variation des quantités disponibles et/ou de la demande sur le marché du produit déterminant ou des co-produits, leur surplus ou leur manque doit être absorbé par le marché. Par exemple, la croissance de la demande du marché (à l'échelle mondiale) en acier engendre une hausse de la production de l'acier en hauts fourneaux, ce qui induit une hausse de production du laitier de haut fourneau, co-produit de l'acier. Le laitier substitue une part plus grande des granulats entrant dans la composition du béton, du fait de sa plus large disponibilité et de son coût d'achat avantageux (probablement applicable uniquement pour les producteurs de béton présents dans un périmètre géographique restreint des hauts fourneaux). Cela engendre à nouveau une chaîne de conséquences indirectes, dont le changement étudié est responsable, et l'ACV conséquentielle doit donc les prendre en compte.

Une dernière source d'effets indirects est identifiée lorsqu'une demande de produits ou procédés surgit suite au changement subi par le système, en créant un nouveau marché (éventuellement de niche) qui était inexistant auparavant. Par exemple, la mise sur le marché des ampoules basse consommation induit le besoin de développer la filière de traitement en fin de vie. La filière de traitement en fin de vie constitue un marché inexistant avant la diffusion des ampoules basse consommation.

La notion d'effet indirect et la différence ultime entre ACV conséquentielle et attributionnelle sont schématisées dans la figure suivante, adaptée à partir de [12]. Les cercles représentent les inventaires (ou les impacts environnementaux correspondants) d'un système économique, par exemple des besoins de mobilité d'une ville ou d'une région, ou bien de la production totale annuelle de véhicules d'un fabricant automobile.

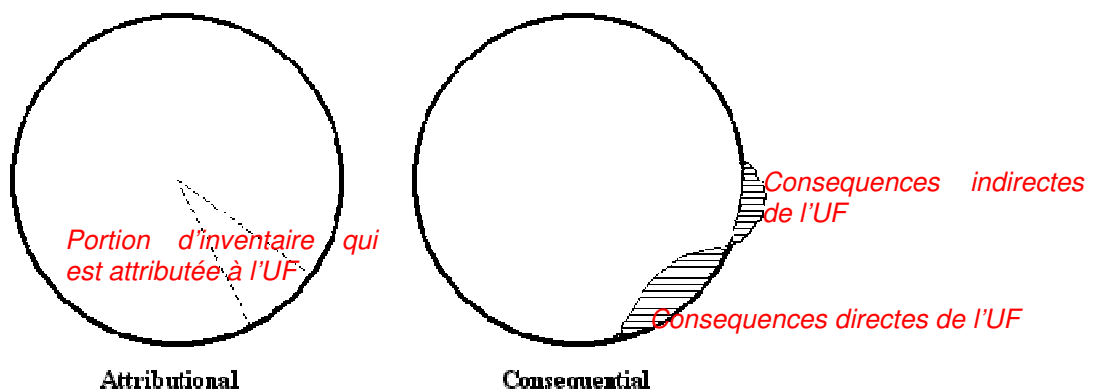


Figure 2 : Frontières d'une ACV attributionnelle et conséquentielle

L'objectif d'une **ACV attributionnelle** est d'**attribuer** (allouer) **une part de cet inventaire (ou impacts) à une UF fictive**, par exemple le transport d'une personne sur 1 km avec un véhicule conventionnel ou un véhicule vendu (marque, type, motorisation etc.). Cela correspond à la portion

en pointillés dans la figure, qui se transpose lors de la réalisation de l'inventaire attributionnel en la séparation des composants du système (par exemple en isolant les données par ligne de production dans une chaîne industrielle) et en l'application de règles d'allocation (par exemple pour attribuer les portions de consommation électrique totale d'une ligne de production aux différents produits réalisés sur cette ligne, en fonction de leur nombre, de leur masse ou de leur valeur économique). On souligne que, lorsque le système (le cercle) est très large (par exemple lorsqu'il représente tout un secteur économique, tel que la production européenne de véhicules particuliers), il est très important de répartir de manière consistante, afin de garantir que la somme des portions corresponde bien au total. Si le partitionnement est fait par différents acteurs (comme cela pourrait être le cas de l'affichage environnemental de véhicules particuliers, réalisé indépendamment par chaque fabricant), le risque est fort que le partitionnement ne soit pas consistant, à cause de différentes approches méthodologiques.

Concernant l'**ACV conséquentielle**, ce problème ne se pose pas. L'**objectif est d'évaluer les conséquences d'un changement** (par exemple le changement de mode de transport de 500.000 personnes.km : de véhicules conventionnels à véhicules électriques) qui affecte le système (le cercle) concerné (par exemple les besoins en mobilité d'une région). Pour cela, on observe des effets directs, c'est-à-dire les conséquences affectant des technologies et procédés de premier plan, qui sont indispensables à l'UF. Par exemple des activités et processus qui disparaissent, à savoir qu'ils ne font plus partie du système suite au changement, tels que les véhicules conventionnels par exemple. On observe alors également des effets indirects qui élargissent le système (le cercle) : par exemple la production additionnelle d'électricité et toute autre activité mise en place afin de faire face à une demande additionnelle ou nouvelle, même si cela n'a pas de liaison technologique directe avec la mobilité.

Il est important de souligner que bien qu'historiquement les notions de « remplacement » et d'« impact évité » ont été considérées comme une alternative aux méthodes d'affectation (aussi par les normes ISO 14040-44), il existe une **différence conceptuelle fondamentale entre les notions de « substitution/expansion du système » et « remplacement/impacts évités »**. Cette dernière approche vise à éliminer artificiellement (« virtuellement ») les co-produits en approximant leur part d'impacts environnementaux (qui demeure formellement inconnue car les processus multifonctionnels concernés ne peuvent pas être partitionnés) par la valeur d'impacts environnementaux d'un système conventionnel délivrant les mêmes coproduits. En revanche, le principe de substitution adopte formellement une perspective conséquentielle, en évaluant les impacts évités (ou engendrés) par les substitutions entre produits qui peuvent réellement survenir sur les marchés. Ces derniers sont les effets directs et indirects décrits ci-dessus. Du point de vue pratique, les résultats obtenus par les deux approches peuvent, dans certains cas, être les mêmes mais du point de vue conceptuel leur signification est radicalement différente. Il est intéressant de noter que le besoin de mieux préciser la signification de « remplacement/impacts évités » a probablement « dopé » le développement de l'ACV conséquentielle, en alternative à l'approche attributionnelle.

**L'identification et la quantification des effets directs et surtout indirects jouent un rôle primordial dans la réalisation d'une ACV conséquentielle**, tout particulièrement la définition du champ d'étude et des données (datasets) d'inventaire. Comme on le verra plus loin, il **n'existe pas de procédure agréée universellement** pour cela, différentes approches sont possibles, mais aucune praticable de manière routinière dans le domaine industriel. Suite à l'étude réalisée, nous pouvons néanmoins mettre en évidence quelques éléments de réflexion, qui peuvent aider ultérieurement à la compréhension de l'ACV conséquentielle et des enjeux sous-jacents :

i) un **problème de comparabilité** se pose entre des études conséquentielles réalisées sur la même UF, à savoir étudiant le même changement; il n'est pourtant pas clair si la comparaison elle-même fait du sens, à savoir s'il y a un souci de comparabilité, car chaque étude est strictement liée à un contexte socio-économique bien précis et non pas à des fins de benchmarking. La comparaison

d'études adoptant différentes approches à un intérêt scientifique **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

ii) la chaîne de conséquences liées au changement peut être très large et longue. **Comment peut-on être sûr de prendre en compte tous les effets significatifs ?** Dans une ACV attributionnelle, des règles de coupures sont définies et le problème se pose moins grâce aux relations de causalité technologiques existant entre les processus inventoriés et l'UF. Dans une ACV conséquentielle, aucun moyen n'existe pour le praticien de s'assurer de n'avoir rien oublié.

### 3 Comment réaliser en pratique une ACV conséquentielle ?

Comme nous l'avons anticipé, il n'existe pas actuellement de lignes de conduite universellement reconnues pour la réalisation pratique d'une ACV conséquentielle, le rapport le plus opérationnel étant [13], qui fournit pourtant une approche conséquentielle spécifique sans rendre compte de la diversité des méthodes possibles.

Le présent projet de recherche a permis d'identifier les principales questions méthodologiques à traiter et les questions connexes qui caractérisent l'approche CLCA et de proposer une démarche opérationnelle via un arbre de décision.

Tout d'abord, la **question** se pose **concernant les cas de figures dans lesquels l'approche conséquentielle est pertinente**. Nous pouvons statuer que la CLCA est toujours potentiellement pertinente pour évaluer les impacts environnementaux induits par les conséquences d'un (ou plusieurs) changement(s) subi(s) par un système à l'échelle meso ou macro-systémique, induit(s) par l'évolution du contexte et des objectifs politico-économiques suite à une décision stratégique d'ordre politique, industrielle ou de marché.

Dans un second temps, il est primordial de **définir de manière corrélée le contexte spatial, l'horizon temporel, ainsi que l'ampleur du changement et les mécanismes de substitution** associés afin de pouvoir **délimiter le champ d'étude et identifier les processus affectés par le changement**, à prendre en compte dans l'inventaire. Comme a priori c'est le marché sur lequel évolue le système qui sera affecté en premier lieu par le changement, ce dernier doit être caractérisé par sa taille, son caractère ouvert ou restreint, sa tendance générale (croissant, stable ou décroissant) et ses capacités d'expansion, la tendance des importations et exportations associées et aussi la fluctuation des prix, qui peut contribuer de manière primordiale à renforcer la fiabilité de l'inventaire conséquentiel. La définition de l'horizon temporel est fonction de la nature de la question à l'origine de l'étude, du type de changement et de son ampleur, et du contexte spatial. Le périmètre spatial du système dépend des caractéristiques du/des marchés affectés par le changement, du type de changement, de son ampleur et des mécanismes de substitutions qu'il induit et de l'horizon temporel considéré.

L'ampleur du changement, et l'ampleur des conséquences (effets) directes et indirectes sont déterminées en fonction du périmètre spatio-temporel. On considère que l'ampleur des conséquences est faible lorsque les conséquences sont à la marge: les processus affectés par le changement font partie du système lors de la situation de départ (avant le changement) pour lesquelles la demande du marché associée au système va évoluer au fil du temps sur la période donnée.

La fonctionnalité du système évolue au cours de la période étudiée en fonction de la demande, de manière non significative par rapport aux capacités de production du marché lors de la situation de départ. Les évolutions considérées sont celles des technologies moyennes, liées à l'évolution des technologies existantes; mais elles ne sont pas liées à une contrainte de capacité technique, ou de disponibilité des ressources, ni de fluctuation des prix. On considère que **l'ampleur des conséquences est large** lorsque le changement est tellement important que pour pouvoir répondre

aux variations associées, les capacités du système moyen de départ sont insuffisantes, et des **comportements "de rupture"** doivent être mis en place. On observera potentiellement l'apparition de nouvelles technologies, en plus de l'évolution des technologies moyennes, du fait des actions mises en place. Par exemple, une action mise en place pour réduire le nombre de véhicules diesel au profit de véhicules GPL relève d'un changement d'orientation pour l'utilisation des technologies existantes. Indépendamment de la taille du marché des transports considéré dans l'étude, on s'oriente donc plutôt vers un changement de faible ampleur. A l'inverse, une action mise en place pour introduire le véhicule électrique sur le marché relève de l'introduction d'une nouvelle technologie. En fonction de la taille du marché des transports considéré dans l'étude, on s'oriente donc plutôt vers un changement de large ampleur, puisque l'introduction d'une nouvelle technologie nécessite (par exemple) la mise en place de technologies connexes ou d'infrastructures, pour permettre à la nouvelle technologie en question.

Enfin, les **processus affectés** sont **identifiés sur la base des mécanismes de marché, des mécanismes politiques et sociaux dans le contexte spatio-temporel défini**. On peut donc recourir à des modèles d'équilibre économique et/ou des modèles sociaux (par exemple multi agents) pour les identifier. L'inventaire des processus affectés doit refléter au mieux l'état des technologies sur la période d'évaluation du changement. Autant que possible on adoptera une **approche dynamique** de l'évolution des processus affectés sur la période donnée. En CLCA, du fait de l'incertitude liée à la modélisation des processus affectés, il est **fortement recommandé d'établir plusieurs scénarios**.

L'**arbre de décision** développé dans le cadre de ce projet guide son utilisateur à travers les différents verrous successifs illustrés ci-dessus. La résolution d'un verrou le conduit vers le verrou suivant jusqu'à ce que l'approche adéquate soit identifiée. L'arbre permet donc, à partir de la question initiale, d'identifier d'une part quelle sera l'approche ACV la plus adaptée pour répondre à la question et d'autre part d'affiner la question posée. Il a pour but de renforcer la phase préparatoire d'une étude ACV, de manière à ce que les résultats qui seront obtenus répondent davantage aux attentes industrielles et/ou politiques.

## 4 Comparaison entre ACV conséquentielle et ACV attributionnelle

Dans le tableau suivant nous résumons les **principales différences entre ACV attributionnelle et ACV conséquentielle** relativement aux principales étapes d'une ACV et par rapport aux verrous méthodologiques mis en évidence par les experts interviewés dans le cadre du projet.

Tableau 1 : Comparaison entre ACV conséquentielle et ACV attributionnelle

	<b>ACV conséquentielle</b>	<b>ACV attributionnelle</b>
<b>Objectifs</b>	Evaluation des conséquences environnementales d'un <b>changement</b> apporté à un système (produit, service, système socio-économique) sur une période de temps et un contexte socio-économique donnés	Evaluation de performances environnementales d'un système (produit, service, système socio-économique) en conditions de <b>status-quo</b> (pas de changement étudié)
<b>Finalités</b>	Support des processus décisionnels, communication (pas encore actuellement), benchmarking	Reporting, benchmarking, communication environnementale (affichage)
<b>Unité fonctionnelle (UF)</b>	Ampleur réelle du changement (ex. 500'000 véhicules électriques additionnels), sur une période de	Unité de fonction fictive (ex. 1 véhicule électrique), à un horizon temporel donné (ex. 2020)

	temps (ex. 10 ans) et un horizon temporel (ex 2010-2020) donnés.	
<b>Relation entre UF et résultats d'inventaire</b>	Non proportionnelle : si l'on multiplie par 10 l'UF, les résultats d'inventaire ne sont pas forcément multipliés par 10	Proportionnelle : si l'on multiplie par 10 l'UF, les résultats d'inventaire sont aussi multipliés par 10
<b>Champs d'étude</b>	Comprend tous les processus affectés par le changement étudié, même s'ils ne sont pas liés au produit, service, système socio-économique étudié par un lien technologique de cause-effet (effet indirects). Les processus non-affectés ne sont pas évalués.	Inclut tous les processus liés au produit, service, système socio-économique étudié par un lien technologique de cause-effet
<b>Identification des processus d'inventaire à prendre en compte</b>	Approches simplifiées [13], modèles d'équilibre économique, modèles sociaux	A partir de la composition du produit, flow-sheeting du processus et de la chaîne de fournisseurs, utilisateurs et gestionnaires de la fin de vie
<b>Type de données d'inventaire (datasets)</b>	Les données reflètent les interactions technologiques <b>et économiques (de marché)</b> entre les processus d'inventaire <b>suite au changement</b> , à savoir il s'agit de données marginales (éventuellement marginales moyennes)	Les données reflètent des <b>interactions technologiques moyennes</b> entre les processus d'inventaire. Il s'agit de données moyennes à un horizon de temps donné
<b>Sources de données d'inventaire (datasets)</b>	Datasets à construire <i>ad hoc</i> en fonction du contexte socio-économique (marché) spécifique Ecoinvent 3.0 pour les données d'arrière-plan	Données moyennes collectées <i>ad hoc</i> pour des produits, processus spécifiques Bases de données ACV pour les données d'arrière-plan
<b>Gestion des processus multifonctionnels (ne pouvant pas être résolus par les mécanismes d'allocation)</b>	Expansion du système / substitution ( <b>méthodes d'affectation/allocation à proscrire</b> )	Méthodes d'affectation/allocation Méthode des impacts évités
<b>Type de méthodes d'évaluation des impacts (LCIA) utilisables</b>	Tous	Tous
<b>Comparabilité des résultats</b>	Pas strictement indispensable, comme l'étude dépend intrinsèquement du contexte socio-économique et de l'approche conséquentielle utilisée. Les scénarios prospectifs établis pour une même étude doivent être comparables car ils sont établis en considérant le même contexte socio-économique. En revanche, deux études indépendantes réalisées pour traiter une même question peuvent ne pas être comparables.	Exigence indispensable
<b>Fiabilité des</b>	Analyse d'incertitude et de sensibilité	Analyse d'incertitude et de sensibilité

<b>résultats (incertitude, sensibilité)</b>	indispensables (aussi par le biais de scénarios prospectifs). La fiabilité dépend principalement de l'approche de modélisation de l'inventaire conséquentiel.	indispensables. La fiabilité dépend principalement de la qualité des données d'inventaire (cf. arbre de décision)
---	--	--

Une troisième approche, l'**ACV décisionnelle**, a également émergé récemment [35], mais son envergure ainsi que le nombre de cas d'applications sont très réduits en comparaison des deux autres approches analysées dans le tableau ci-dessus.

L'ACV décisionnelle considère aussi un système (produit, service, système socio-économique) en conditions de status-quo (dans le passé, présent ou futur). En contraste de l'approche attributionnelle, la décisionnelle considère des interactions entre processus basées sur des relations **contractuelles**, figées à un instant donné. Les données d'inventaire correspondantes seront donc des données moyennes mais relatives aux processus identifiés par les relations contractuelles. L'étendue du système étudié reflète donc la sphère d'influence du décideur. Les relations contractuelles sous-entendent une ou plusieurs décisions déjà entrées en vigueur. Ces décisions, et leurs conséquences, **ne font donc pas l'objet** de l'ACV décisionnelle, comme c'est le cas de l'ACV conséquentielle. Aucun mécanisme de marché n'est considéré dans l'ACV décisionnelle, donc aucun type de contrainte n'est prise en compte : ce sont les relations contractuelles qui régissent le choix des processus d'inventaire. Pour cela, **aucun effet indirect** n'est pris en compte dans l'inventaire.

Considérons ici un exemple pratique d'application des trois approches : au Luxembourg les subventions pour l'achat d'un véhicule électrique seront subordonnées à l'achat d'un contrat de fourniture d'électricité verte.

**Attributionnelle** : ACV d'un véhicule électrique (UF= 1 p.km) en 2020, mix électrique moyen du Luxembourg en 2020.

L'ACV fournit un écoprofil "moyen" du véhicule (cela correspond à la situation C du ILCD [8])

**Décisionnelle**: ACV d'un véhicule électrique (UF= 1 p.km) en 2020, mix électrique vert selon contrat à cet horizon.

L'ACV sert à évaluer l'influence de la décision contractuelle dans le cadre de la promotion (ou la communication environnementale) du profil environnemental du véhicule (situation A du ILCD [8])

**Conséquentielle** : ACV de 40.000 véhicules électriques additionnels, l'UF est un nombre de p.km calculée sur base de l'utilisation détaillée de chaque type de véhicule et la distance de transport, (par exemple obtenus avec une modélisation par système multi-agents) entrant sur le marché entre 2012 et en 2020. Les mix électriques sont considérés selon les règles de marché (simulations économiques entre 2012 et 2020). Les effets indirects engendrés par l'augmentation de la demande d'électricité entre 2012 et 2020 sont également considérés et évalués par les modèles économiques.

L'ACV sert à évaluer toutes les conséquences, engendrées par la politique de mobilité électrique ou de la stratégie industrielle déterminant le changement étudié (ILCD B ou A en fonction du marchés impactés).

L'arbre de décision détaille les conditions dans lesquelles ces trois approches sont utilisées, peuvent être éventuellement combinées, ou se recouper.

## 5 Perspectives de développement de l'ACV conséquentielle : de la standardisation à la définition de bonnes pratiques

L'étude a permis de confirmer que l'**ACV conséquentielle est une approche adaptée pour supporter les prises de décision à grande échelle**, pour divers secteurs économiques (tant au niveau politique qu'industriel). Dans certains cas (par exemple relativement aux questions politiques de mobilité ou de la production de biocarburants) elle est la **seule approche d'ACV capable d'appréhender correctement les conséquences environnementales de la mise en œuvre de ces politiques**. En ce qui concerne les problématiques d'affichage et de communication environnementale, l'approche conséquentielle est moins pertinente que l'attributionnelle.

Cependant, en l'état actuel des développements, l'approche conséquentielle et ses différentes approches **manquent de fonctionnalité et d'harmonisation**, ce qui **empêche de facto sa mise en œuvre** et limite son utilisation essentiellement au cercle de la communauté scientifique.

Compte tenu de la pertinence de l'approche, un développement conséquent vers son opérationnalisation est souhaité. Dans ce but, sur la base des résultats de la présente étude, **nous formulons les recommandations suivantes** :

- lors des prochaines **révisions** des normes de la série **ISO 14040**, il sera extrêmement bénéfique d'**intégrer** un certain nombre d'**éléments méthodologiques** et de lignes de conduites **propres à l'approche conséquentielle**, en particulier ceux mis en évidence dans le tableau ci-dessus. Bien que le retour d'experts n'ait pas permis de dégager un avis consensuel concernant l'adéquation actuelle entre l'approche conséquentielle et les normes, nous sommes d'avis qu'il n'y a pas actuellement de points conflictuels ni de divergence entre les deux. Néanmoins, il serait nécessaire de compléter les normes par des recommandations concernant **en particulier les objectifs de l'étude (la notion de « changement »), la prise en compte des effets indirects, les différentes approches de modélisation de l'inventaire et finalement les modalités de définition et collecte des données d'inventaire marginales**. Les données d'inventaire marginales reflètent les procédés directement ou indirectement affectés par le changement étudié, à un horizon temporel donné.

- une **phase de « test »**, comprenant l'application des différentes approches méthodologiques à l'ACV conséquentielle sur un nombre restreint de cas d'étude très pertinents (comprenant des politiques publiques et industrielles), pourrait renseigner sur les limites, les besoins de recherche et développement, et pourrait contribuer, à moyen terme, à la **rédaction d'un guide de « bonnes pratiques »**. Une telle démarche requiert l'implication et l'élan des institutions publiques, sur le modèle du « Product Environmental Footprint » initié par les institutions européenne

- la **communauté scientifique internationale** de l'ACV devrait se concentrer sur la **combinaison intelligente des différentes approches d'ACV** (pour adresser *ad hoc* une question donnée) au lieu de conserver (et dans certains cas promouvoir) une segmentation des approches, qui les rend concurrentes et empêche un développement efficace et profitable de la méthodologie.