

ECONOMIE CIRCULAIRE : CONCEPTS ET METHODES D'EVALUATION

SYNTHESE

juillet 2015

Responsables Scientifiques :

- **Emmanuelle AOUSTIN, Marcial VARGAS-GONZALEZ**
Quantis, 42, bd de Sébastopol, 75003 PARIS



- **Charlotte THEVENET, Ariane BUSSARD**
Sofies, 171 bis avenue Charles de Gaulle Bâtiment C
92200 Neuilly sur Seine



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

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

- ✓ Les points de vue et recommandations exprimés dans ce document n'engagent que les auteurs et ne traduisent pas nécessairement, sauf mention contraire, l'opinion de l'ensemble des membres de SCORE LCA.

- ✓ Les informations et les conclusions présentées dans le présent document ont été établies au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Introduction

Le concept d'économie circulaire a très récemment pris une place importante en France. Communément admis que le principe qu'il sous-tend est bénéfique pour l'environnement, l'évaluation de ses bienfaits n'est cependant pas systématique. C'est dans ce cadre que les membres de SCORELCA ont souhaité réaliser une étude sur ce sujet d'actualité, poursuivant l'objectif de clarifier les concepts, enjeux et méthodes à utiliser. Plus précisément, les membres ont exprimé des attentes synthétisées parmi les suivantes :

- préciser la définition de l'économie circulaire et ses fondamentaux, en vue de mieux les maîtriser pour les mettre en application et communiquer dessus,
- comprendre les relations entre économie circulaire et d'autres concepts existants, notamment le Cradle to Cradle,
- identifier les méthodes et outils permettant d'évaluer l'impact des systèmes d'économie circulaire,
- mettre en évidence le potentiel de l'Analyse du Cycle de Vie dans cette perspective d'économie circulaire, et relever les biais ou les points de vigilance de cette méthodologie par rapport aux enjeux apportés par le concept,
- transmettre des recommandations méthodologiques opérationnelles pour l'évaluation de boucles matière.

Première partie : Fondements, acteurs et composantes de l'économie circulaire – Etat de l'art

Cette étude a débuté par la réalisation d'un état de l'art de l'économie circulaire (partie 1) et des méthodes employées pour l'évaluation de tout ou partie d'actions ou de systèmes s'inscrivant dans ce concept (partie 2). Il s'agit d'un état des connaissances réalisé à un instant donné. Son contenu est tiré de la documentation existante, française et internationale, présente sous la forme de rapports publics, commandés ou non par des institutions nationales, et sous la forme de papiers scientifiques obtenus par le biais des plateformes classiques d'accès aux publications.

1. Les fondements de l'économie circulaire

La sphère académique est à l'origine de l'apparition du terme « économie circulaire » puisqu'il est utilisé pour la première fois par deux professeurs de l'Université du Colorado, David W. Pearce et R. Kerry Turner, en 1989 dans *Economics Of Natural Resources And The Environment*¹. Quelques années auparavant, Walter R. Stahel et Geneviève Reday proposaient de mettre en place une « économie en boucle » dans leur rapport d'étude pour le Commission européenne intitulé *Jobs for Tomorrow – The Potential for Substituting Manpower for Energy* (Figure 1).

¹ Economics Of Natural Resources And The Environment, David W. Pearce, R. Kerry Turner, The Johns Hopkins University Press (décembre 1989)

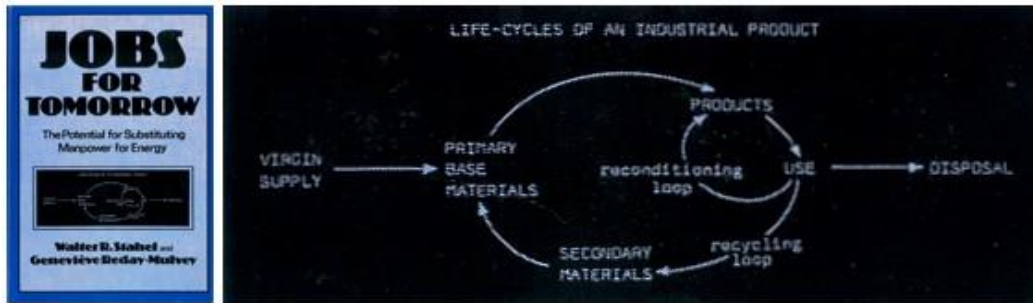


Figure 1 Economie en boucle (Source : Stahel et al.)

Pourtant, ce sont finalement les sphères politique et institutionnelle qui s'en sont majoritairement saisies et de façon récente, pour un déploiement au grand public.

Plusieurs sources s'accordent à mettre en évidence le lien entre l'émergence de cette notion d'économie circulaire et le basculement de la prise de conscience de la nécessité de gérer les déchets vers une utilisation efficace des ressources. La hausse du prix des matières premières au début des années 2000, puis la crise financière et économique de 2008 ont mis au premier plan cette préoccupation latente des stocks de ressources naturelles.

Toutefois, l'économie circulaire n'est pas le seul concept de soutenabilité utilisé actuellement (Figure 2). La place de ce nouveau concept se veut englobante pour certains ou simultanée à des concepts déjà installés depuis plusieurs années pour d'autres.

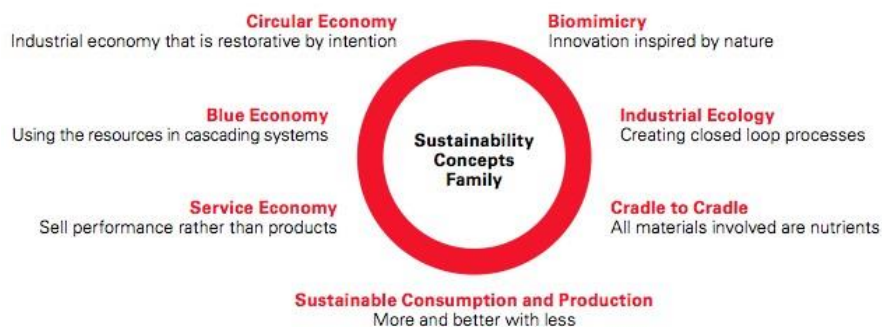


Figure 2 L'économie circulaire parmi d'autres concepts de soutenabilité (source : Lehman et al., 2014)

Le premier rapport de la Fondation Ellen MacArthur, intitulé *Towards the circular economy – Economic and business rationale for an accelerated transition*, exprime, quant à lui, le fait que l'économie circulaire trouve ses racines dans plusieurs « écoles de pensée (schools of thought) », que sont la *Performance economy*, le *Cradle to Cradle*, l'*Industrial ecology*, ou encore le *Biomimicry*.

2. L'appropriation du concept d'économie circulaire

L'appropriation de ce concept est réalisée aux échelles tant française, qu'europpéenne ou internationale. L'identification des acteurs contribuant au concept de l'économie circulaire n'est pas une tâche aisée, puisque ce concept qui n'a pas de définition normalisée revêt un ensemble de notions larges (Figure 3).

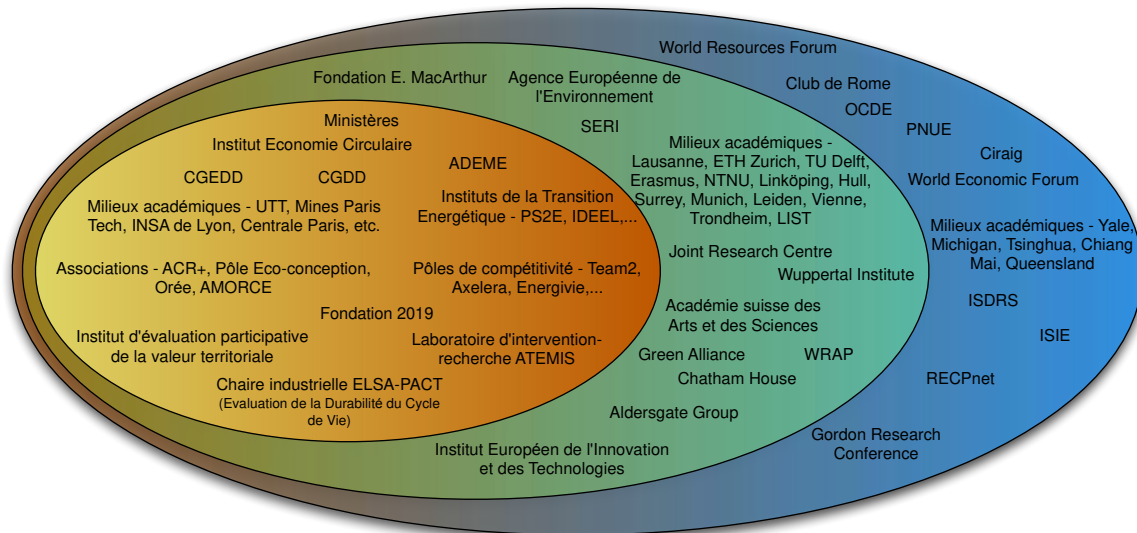


Figure 3 Cartographie des acteurs de l'économie circulaire (source : Sofies)

La conférence environnementale et la conférence de mise en œuvre de l'économie circulaire de 2013 ont précisé les actions majeures à entreprendre sur le territoire français, actions inscrites dans le cadre légal grâce à la promulgation de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

D'autres pays ont déjà mis en place des politiques nationales, à l'image du Japon, des Pays-Bas, de la Chine ou de l'Allemagne.

L'Europe, de son côté, en a fait un élément essentiel pour sa stratégie Europe 2020, permettant de contribuer à un usage plus efficace des ressources, et indirectement d'atteindre les objectifs fixés sur le plan des dérèglements climatiques.

Enfin, des organisations, comme l'OCDE et le PNUE sont actives depuis plusieurs années sur le sujet de la gestion des ressources, même si l'utilisation du terme « économie circulaire » se fait rare, actuellement, dans leurs publications.

3. Ce que sous-tend le concept d'économie circulaire

Bon nombre d'acteurs, impliqués sur le sujet, ont proposé une définition de l'économie circulaire, qui reste, à ce jour, une notion aux contours non stabilisés. Celle de l'ADEME, à titre d'exemple, définit l'économie circulaire comme « un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus ». En dépit d'un grand nombre de définitions distinctes existantes, l'un des principaux mots d'ordre commun est bien celui de l'utilisation efficace des ressources, et ce, en vue du nécessaire découplage entre croissance économique et croissance des besoins en matières premières.

Au même titre, plusieurs représentations schématiques du concept ont été proposées, le plus souvent focalisées sur la notion de « boucle ». Certains experts du monde académique attirent d'ailleurs l'attention sur le caractère restrictif des boucles et appellent à une vision élargie, mais toutefois structurée, à l'image des quatre stratégies de maturation formulées par le Pr Erkman. D'autres vont même plus loin en mettant en garde contre l'attitude qui consisterait à formuler rapidement les principes « cycles = bon » et « linéaires = mauvais », sur la base d'une perception cyclique de la biosphère.

En France, une des formalisations les plus répandues est sans doute celle de l'ADEME qui place l'économie circulaire comme une notion englobante, associant des enjeux comme l'approvisionnement durable, la consommation responsable (achat et utilisation), des

moyens d'action comme le recyclage ou le réemploi et des méthodologies (ou concepts) pour y parvenir, à l'image de l'éco-conception, l'écologie industrielle et territoriale et l'économie de fonctionnalité (Figure 4).

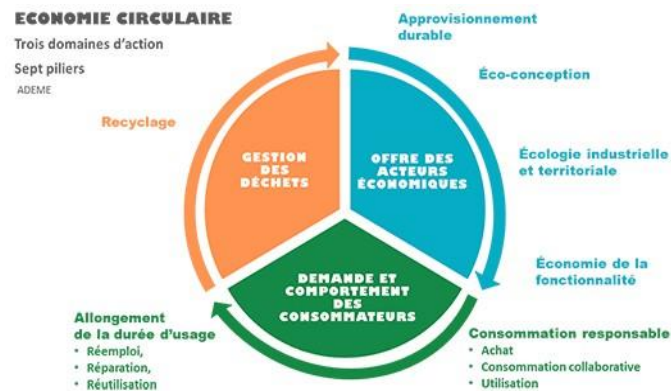


Figure 4 Schématisation des composantes de l'économie circulaire (source : ADEME)

L'intérêt environnemental de telle ou telle action qui s'inscrirait en lien avec ces composantes sous-tendues est généralement questionné, souvent validé, mais mérite une attention particulière, compte tenu du caractère non systématique à tous produits ou toutes matières.

Des barrières à la mise en œuvre de l'économie circulaire ont été mises en évidence et sont présentées dans le rapport, que celles-ci soient liées aux produits, mais aussi aux marchés et aux pouvoirs politiques. Les manques en matière de connaissances environnementales sont également un frein et ont des conséquences sur la manière d'évaluer une boucle d'économie circulaire.

4. Présentation des principales méthodes d'évaluation des systèmes d'économie circulaire

Cette section a pour objectif de poser les bases de la compréhension de la seconde partie de ce rapport, destinée à réaliser l'état des lieux des travaux et méthodes en lien avec l'évaluation de tout ou partie des boucles de l'économie circulaire.

Consacrée à la présentation des méthodes d'évaluation des systèmes d'économie circulaire, elle constitue le résultat d'une analyse de publications académiques, contrairement aux sections précédentes. Elle a pour objectif de poser les bases de la compréhension de la seconde partie destinée à réaliser l'état des lieux des travaux et méthodes en lien avec l'évaluation de tout ou partie des boucles de l'économie circulaire.

Ainsi, trois grandes catégories de méthodes d'évaluation des boucles ont été identifiées, parmi l'Analyse de Flux de Matières, l'Analyse du Cycle de Vie et les Indicateurs d'évaluation et de suivi de la performance.

Seconde partie : Méthodes et enjeux de l'évaluation des boucles d'économie circulaire – Etat de l'art

D'après la revue de littérature, les objectifs poursuivis par l'évaluation des boucles d'économie circulaire peuvent être résumés de la façon suivante :



- L'évaluation permet d'obtenir, pour un scénario de boucle d'économie circulaire, des résultats d'impacts selon différents critères.
- Elle peut permettre de prioriser les scénarios entre eux afin d'identifier les boucles les plus pertinentes pour une matière ou un produit.
- Elle peut également permettre d'accompagner à la mise en œuvre, ou à l'application, de stratégies d'économie circulaire.
- Enfin elle peut permettre de suivre l'évolution et la performance d'une boucle d'économie circulaire mise en œuvre.

Ces quatre objectifs et les approches identifiées sont détaillés ci-dessous.

1. Approches pour évaluer tout ou partie d'une boucle d'économie circulaire

Les boucles d'économie circulaire sont caractérisées par différents aspects, que sont la faisabilité d'une boucle, ses impacts environnementaux, ses impacts sociaux et ses impacts économiques (Figure 5). Les méthodes d'évaluation relevées dans la littérature permettent d'en évaluer tout ou partie.

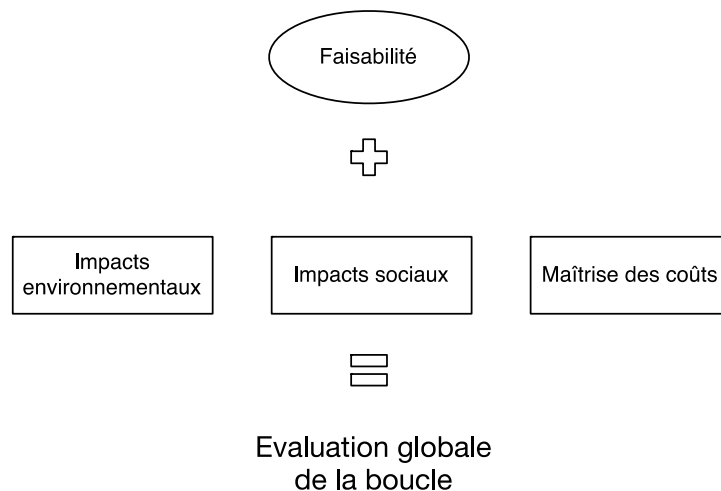


Figure 5 Représentation des aspects à évaluer d'une boucle d'économie circulaire
(Source : Sofies)

L'analyse de flux de matière et d'énergie (AFME) est l'approche la plus fréquemment rencontrée pour évaluer la faisabilité d'une boucle de recyclage. Plusieurs enjeux ont été relevés pour l'évaluation de cette faisabilité. Parmi eux :

- l'identification des "mines urbaines" (stock de ressource),
- le suivi de l'évolution de ces stocks de ressource, notamment la dispersion des ressources entraînant une dilution du stock,
- l'évaluation de la quantité d'impuretés accumulées dans les flux de matières,
- la prise en compte de la perte de qualité de la matière collectée pour être recyclée,
- l'évaluation de la part de déchets qui bénéficiera d'un débouché en recyclage en boucle fermée.

L'analyse du cycle de vie (ACV) est la méthode la plus courante pour évaluer les impacts environnementaux d'une boucle de recyclage ou d'allongement de la durée de vie. Bien que la force de l'ACV ne soit pas remise en cause, des enjeux méthodologiques, synthétisés ci-dessous, se posent en lien avec les boucles d'économie circulaire.

- l'exploitation des données accessibles telles que les données statistiques ou économiques pour réaliser l'évaluation environnementale,
- la construction d'un inventaire du cycle de vie spécifique à un territoire,
- l'allocation des impacts entre les différents acteurs d'une même boucle,
- l'obtention des résultats robustes, notamment en élargissant le périmètre,
- le choix du scénario marginal pour une application de l'approche conséquentielle,
- la prise en compte de l'impact des pertes dissipatives,
- la prise en compte de la qualité de la matière recyclée après plusieurs boucles.

L'approche cycle de vie a également été rencontrée pour l'évaluation des coûts économiques à travers la méthode de l'analyse des coûts du cycle de vie (*Life cycle costing*, *LCC* en anglais). Des travaux sont par ailleurs, en cours pour intégrer l'évaluation des impacts sociaux dans cette approche d'analyse du cycle de vie.

Enfin de nombreux indicateurs ont été mis au point par la communauté scientifique pour évaluer les impacts environnementaux, économiques et sociaux ainsi que pour identifier les points clés de développement d'un scénario ou suivre la performance d'une stratégie d'économie circulaire. L'un des enjeux relevés à ce sujet est notamment l'identification d'indicateurs représentatifs du bien-être de la société.

2. Approches pour prioriser les scénarios des boucles d'économie circulaire

La comparaison et la hiérarchisation des boucles d'économie circulaire ont pour enjeu principal la définition du meilleur compromis pour la société en considérant les impacts environnementaux, économiques et sociaux.

Du point de vue des impacts environnementaux et compte tenu des objectifs en matière d'efficacité de l'usage des ressources de l'économie circulaire et du focus qui peut exister sur les impacts de la consommation d'énergie et d'émission de gaz à effet de serre, un enjeu important sera de positionner ses impacts les uns par rapport aux autres.

La priorisation des boucles peut avoir lieu sans agréger des résultats d'évaluation d'impacts aux unités différentes. Mais la comparaison d'une boucle peut motiver le calcul d'un score unique dont les enjeux seront :

- l'agrégation des impacts exprimés dans des unités différentes,
- l'évitement des doubles comptages,
- l'établissement éventuel de facteurs de pondération pour les différentes catégories d'impacts évaluées.

3. Approches pour appliquer les boucles d'économie circulaire

L'économie circulaire propose de mettre en place différents types de boucles pour augmenter l'efficacité des ressources. Certains piliers du concept défini par l'ADEME peuvent permettre de réduire l'empreinte environnementale tout au long de ces boucles, à l'image de l'éco-conception.

La revue de publications scientifiques a permis d'identifier des méthodes basées sur une approche cycle de vie ou de comptabilité en flux matières (*Material Flow Cost Accounting*, *MFCA* en anglais) destinées, respectivement, à favoriser l'éco-conception ou le développement de la production propre au sein d'un site industriel.

Finalement, l'enjeu de l'évaluation comme outil d'aide à la mise en œuvre repose sur l'identification des indicateurs représentatifs des objectifs de l'économie circulaire.

4. Approches pour suivre les résultats des boucles d'économie circulaire

L'évaluation des boucles d'économie circulaire peut enfin consister à suivre les résultats de ces boucles, c'est-à-dire à observer l'évolution et la performance des boucles mises en place.

Les principales méthodes d'évaluation reposent sur l'utilisation d'indicateurs, destinés à assurer le monitoring de l'évolution d'un système et à positionner la performance par rapport à des objectifs préalablement fixés.

Tout l'enjeu de l'évaluation de cette performance repose sur l'identification des indicateurs représentatifs de chacune des boucles possibles en matière d'économie circulaire.

Troisième Partie : Utiliser l'ACV pour évaluer la performance environnementale des boucles matière dans un cadre d'économie circulaire – méthodologies, enjeux et recommandations opérationnelles

1. Introduction : De l'état de l'art aux enjeux méthodologiques de l'évaluation des boucles matière

A l'issue de l'état de l'art, l'ACV apparaît comme la méthode la plus couramment utilisée pour évaluer l'intérêt et la performance environnementale des boucles matière. Cependant, de nombreux enjeux méthodologiques associés à son utilisation ont été identifiés et présentés dans les sections précédentes. Ces enjeux peuvent être regroupés en 7 catégories :

- **Les enjeux associés à l'évaluation des ressources**
- **Les enjeux associés à la qualité des matières**
- **Les enjeux associés à l'évaluation du futur**
- **Les enjeux associés à la hiérarchisation des impacts**
- **Les enjeux de l'ACV non spécifiques à l'Economie Circulaire et à l'évaluation des boucles**
- **Les enjeux non propres à l'ACV**

Certains des enjeux présentés ne sont pourtant pas liés exclusivement à l'évaluation environnementale des boucles matière et sont largement connus de la communauté ACV. Seuls les enjeux propres à l'évaluation des boucles matière et l'interprétation de ses résultats seront donc traités dans cette partie.

Cette section, détaillée dans le rapport, guidera le praticien ACV à travers chaque étape de la construction d'une évaluation environnementale, depuis la définition des objectifs et du périmètre de l'étude, jusqu'à l'analyse, l'interprétation et l'exploitation des résultats, dans l'objectif d'évaluer la performance environnementale des projets d'économie circulaire.

2. Définitions associées à la boucle matière

Une grande partie des projets d'Economie Circulaire se caractérise par la création d'une ou de plusieurs boucles matière visant à réduire la consommation de ressources vierges et à limiter la quantité de déchets produits.

Dans le cadre de ce rapport, une **boucle matière** sera définie comme tout système ou ensemble de systèmes dans lequel un ou plusieurs flux de matière en fin de vie sont traités et **valorisés sans destruction² de la matière**, afin d'obtenir des **matières premières secondaires** et de limiter l'utilisation ou la production de matière première vierge. Les flux valorisés ainsi peuvent être des matériaux (ex. l'acier), des composants (ex. pièce de moteur) ou des produits en fin de vie. Les boucles matière intègrent donc le recyclage, la réutilisation et le réemploi, mais également la valorisation des déchets agrosourcés. Les boucles matière peuvent être classées selon 3 catégories :

- **Les boucles fermées**
- **Les boucles ouvertes**
- **Le Recyclage en cascade**

3. Evaluation des boucles matière : Définition des objectifs

L'économie circulaire est un sujet vaste et interdisciplinaire. Ce concept inclut pourtant la définition d'un ou de plusieurs objectifs communs, de manière plus ou moins explicite (ex. Réduire la consommation de ressources globalement, Promouvoir et favoriser les « efforts », ...).

Comme le concept d'économie circulaire, une ACV inclut l'explicitation d'un ou de plusieurs objectifs. Cette première étape permet non seulement de définir l'intérêt de l'étude, mais également de la cadrer. Définir de façon précise les objectifs est le moyen d'identifier les choix méthodologiques à réaliser pour assurer la satisfaction des objectifs de l'évaluation. Ainsi, la mise en œuvre des méthodes d'évaluation de type ACV présuppose d'inclure dans les objectifs de l'étude les objectifs de l'économie circulaire qui sont évalués. Ceux-ci peuvent notamment influencer :

- Le choix du périmètre de l'étude
- Le choix des fonctions de référence
- Les choix de modélisation des systèmes
- Les choix des méthodologies et des indicateurs d'évaluation des systèmes

Cependant, l'ACV n'est pas capable de prendre en compte et d'évaluer tous les objectifs de l'économie circulaire. Dans certains cas, l'ACV peut même être en contradiction avec ceux-ci. Il est donc nécessaire d'utiliser des méthodes complémentaires ou des indicateurs spécifiques.

4. Intégrer les objectifs de l'économie circulaire au périmètre de l'étude : ACV déchets/ACV Produit

Le premier choix qu'un praticien ACV doit réaliser au moment de définir le périmètre de l'étude est celui du **type d'ACV**.

L'ACV permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un système donné en relation avec une fonction. La fonction évaluée lorsque l'on s'intéresse aux projets d'économie circulaire est souvent centrée autour de produits intégrés dans des boucles matières ou sur la

² Le terme destruction ne fait pas référence ici au sens physique du terme. La matière (quantité d'atomes) est en effet conservée, cependant elle est rendue indisponible pour son utilisation future.

valorisation des produits en fin de vie. La fin de vie est ainsi au cœur des ACV de ce type de projets.

Deux approches complémentaires ont été développées pour gérer la question de la fin de vie en ACV :

- ACV Produit
- ACV Déchets

Moins pratiquée au sein de la communauté ACV, l'approche déchets permet d'étudier en détail une étape qui est souvent délaissée au moment de réaliser l'évaluation environnementale d'un produit. Ces deux types d'ACV sont complémentaires et permettent de répondre à des questions différentes comme le met en évidence la figure suivante.

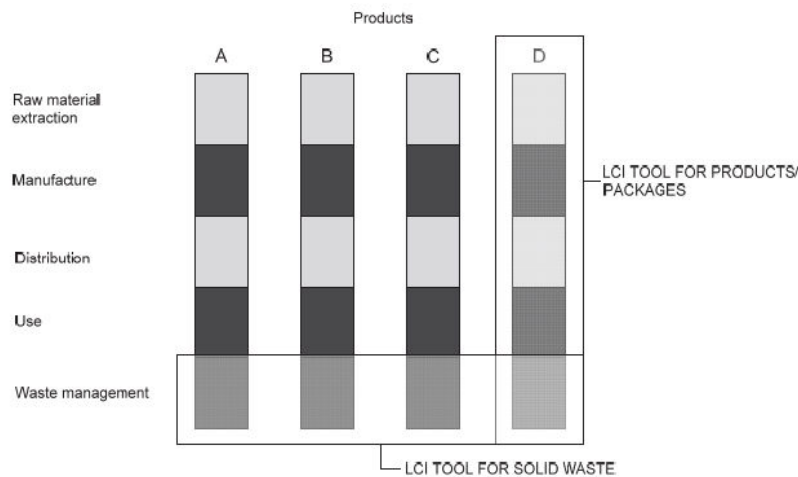


Figure 6 : Approche ACV Déchets vs. Approche ACV Produits (Colemant, Masoni, Dryer, & McDougall, 2003)

Le choix d'un type d'ACV par rapport à un autre dépendra fortement du gisement des déchets évalué, du champ d'action du porteur de l'étude et des objectifs initialement définis. Ainsi, si l'objectif de l'étude est d'évaluer les impacts de la gestion d'un gisement des déchets d'origine ou de nature diverse (ex. ordures ménagères), l'approche produit semble difficilement applicable. Les informations nécessaires pour cette évaluation seraient trop importantes et difficilement accessibles pour le praticien ACV ou le gestionnaire des déchets.

Si une ACV déchets est réalisée le praticien ACV devra être particulièrement vigilant sur la définition :

- Du périmètre de l'étude
- De l'unité fonctionnelle
- De l'évaluation des bénéfices de la valorisation matière

5. Intégrer les objectifs de l'économie circulaire au périmètre de l'étude : Périmètre et modélisation des boucles matière en ACV Produit

Une fois les boucles matière identifiées, il est important de définir la méthodologie utilisée pour les évaluer. Le choix de méthodologie dépendra largement des informations disponibles pour réaliser cette évaluation et du type de boucle étudié.

Dans certains cas, il est possible d'évaluer la réutilisation cyclique de la matière de façon pragmatique en ajustant le périmètre de l'étude, on parle alors **d'extension des frontières**.

Cette méthode est particulièrement utile pour l'évaluation des boucles fermées, où chaque boucle est similaire, voire identique, à la précédente.

Cependant, cette approche n'est pas toujours applicable. L'extension des frontières de l'étude peut être une tâche complexe ou impossible à appliquer. De plus, lorsque les fonctionnalités des produits évalués sont très différentes, les résultats obtenus sont difficilement exploitables et le besoin d'allouer les impacts entre les différents procédés ou cycles persiste.

Comme souligné par OSSET et al. (Osset, Clauzade, Hugrel, & Palluau, 2012), les règles de comptabilisation des opérations de valorisation des matériaux restent totalement « ouvertes » dans le cadre des normes ISO 14040/44. Que ce soit au niveau français, européen ou sectoriel, des référentiels méthodologiques viennent cependant préciser les normes ISO 14040/44 sur ces questions, facilitant ainsi la tâche des praticiens ACV.

Même si, en effet, chaque boucle est unique, il est possible de trouver des points communs entre les différentes boucles. Plusieurs méthodes d'évaluation ont donc été développées :

- **100 – 0**
- **0 – 100**
- **50 – 50**
- **Cut-off** (coupure)

Le choix de l'application de l'une de ces règles pour un matériau donné contient une part de subjectivité. Pour les approches 0-100, 100-0 et 50-50, ce choix est lié à une analyse de l'offre et de la demande concernant les matières secondaires. Le choix d'allocation est fait en fonction de l'encouragement que l'on souhaite donner à l'utilisation de matière secondaire pour orienter les pratiques actuelles du marché vers une utilisation renforcée de matières secondaires. Ce choix est donc fortement lié aux objectifs de l'étude définis initialement et doit permettre de prendre en compte une partie des objectifs de l'économie circulaire.

6. Intégrer les objectifs de l'économie circulaire à l'unité fonctionnelle

Comme le périmètre de l'étude, le choix de l'unité fonctionnelle doit être fait en fonction des objectifs de l'étude et des objectifs de l'économie circulaire que l'on souhaite évaluer ou mettre en valeur.

7. Evaluer la qualité de la matière recyclée

L'économie circulaire et la mise en place de boucles matière encouragent la réutilisation des ressources. Ce recyclage permet de limiter la consommation de matière première vierge, mais peut entraîner une perte de la qualité. La modification des propriétés physiques d'un matériau est un problème récurrent au sein des filières de recyclage. C'est d'ailleurs cette perte de qualité qui est à l'origine des boucles ouvertes, on parle alors de *downcycling* ou de sous-cyclage.

Certaines formules d'allocation des impacts en fin de vie introduisent ainsi le facteur Q_s/Q_p . Dans cette formule Q_s représente la qualité de la matière première secondaire et Q_p celle de la matière première vierge. Q_s/Q_p est donc un ratio sans dimension permettant d'approximer les différences de qualité qui pourraient exister entre les deux matériaux comme conséquence du sous-cyclage. Cependant, l'utilisation de ce facteur n'est pas automatique et peut, dans certains cas de substitution, être redondant.

8. Evaluation des projets futurs d'Economie Circulaire

Les ACV attributionnelles couramment utilisées en ACV sont une photographie des impacts faite à un instant « t », la représentativité temporelle étant généralement la date de réalisation de l'étude. Une telle approche permet difficilement d'évaluer les impacts associés à un nouveau développement, pourtant les projets d'Economie Circulaire sont innovants dans beaucoup de cas.

Une des solutions possibles repose sur l'approche conséquentielle utilisée en ACV. Cette approche permet de prendre en compte les évolutions du marché pour étudier les conséquences d'une évolution technologique ou d'une action précise. Ainsi, en étudiant les impacts associés à la mise en place d'une boucle de recyclage ou au remplacement d'une matière vierge par une matière recyclée, il est possible d'étudier les effets que ce développement aura sur l'environnement et sur le marché. Appliquer la méthode conséquentielle nécessite des connaissances précises sur le marché économique mondial et sur la filière évaluée. Le rapport SCORELCA N° 2012-01 (Centre de Recherche Public Henri Tudor, 2013) présente en détail les enjeux méthodologiques associés à l'application de cette approche.

9. Indicateur ressources – Enjeux de l'évaluation environnementale de l'impact sur les ressources en ACV

Un des principaux enjeux de l'économie circulaire est de limiter la consommation et les pertes des ressources naturelles présentes sur terre afin de garantir leur disponibilité pour les générations futures. Bien que la nécessité d'une utilisation durable des ressources naturelles soit acceptée par la communauté scientifique, il n'existe pas de consensus sur sa définition et sur le meilleur moyen de mesurer *l'utilisation de ressources*.

Pour De Bruille (De Bruille, 2014), afin de construire une méthode robuste pour évaluer les impacts de l'épuisement des ressources il est essentiel de prendre en compte et de quantifier :

1. La fonctionnalité de la ressource
2. Les mécanismes d'adaptation des utilisateurs faisant face à la compétition due à l'épuisement, incluant notamment la substitution des ressources par d'autres ressources fonctionnellement équivalentes,
3. La distinction entre ressource extraite et ressource dissipée
4. L'effet de la dissipation des ressources sur les utilisateurs

En se basant sur ces principes, il a construit la nouvelle méthode *MidPoint* utilisée par ImpactWorld+ pour évaluer l'épuisement des ressources. Cette méthode se profile aujourd'hui comme la seule méthode d'évaluation des impacts intégrant la notion de dispersion. Il semble en effet pertinent d'évaluer la dispersion des ressources et non pas leur extraction, l'épuisement des ressources étant lié à leur non-disponibilité et non pas à leur absence sur la croûte terrestre.

Cette problématique soulève cependant une autre question : est-ce que toutes les utilisations d'une ressource sont équivalentes ? L'impact sur l'épuisement des ressources d'une activité ou d'un produit ne devrait-il pas être évalué en fonction de sa participation à la dissipation ? Parmi les objectifs de l'économie circulaire, la diminution des pertes dissipatives et l'optimisation de l'étanchéité des boucles matières sont explicitées.

Ainsi, l'ACV n'est pas capable de répondre entièrement à la question des ressources aujourd'hui. Elle doit faire appel à des méthodes complémentaires (comme le MFA) permettant de se focaliser sur cet aspect qui peuvent être combinées avec l'ACV pour affiner les résultats obtenus.

10. Prioriser les impacts

L'évaluation de scénarios de boucles matière selon une approche ACV permet d'obtenir des résultats pour différentes catégories d'impacts. Si le classement de ces scénarios varie en fonction de ces catégories, il est nécessaire de les prioriser. Le besoin de priorisation des impacts est propre à l'ACV de façon générale. Il s'agit de la clé vers une gestion aisée des impacts environnementaux. Ce n'est donc pas un enjeu propre à l'évaluation des boucles matières, cependant, face aux derniers développements en matière de priorisation et à l'importance du sujet, il a été décidé de le traiter dans cette section.

L'utilisation la plus courante est celle de la normation en « équivalent habitant ». Cette approche est pourtant sujette à nombreuses critiques, notamment parce que la répartition actuelle des impacts environnementaux générés par un habitant n'est pas forcément pertinente pour cibler les enjeux prioritaires.

Björn & Hauschild (Bjorn & Hauschild, 2014) proposent des éléments de réponse à ces questions. Ils affirment que l'importance relative des problématiques environnementales peut être analysée en quantifiant la contribution du système étudié sur l'ensemble des contraintes exercées sur l'écosystème terre par les sociétés humaines. Cette approche appelée Planetary Boundaries (Rockström, Steffen, Noone, Persson, & F. S. Chapin, 2009) a pour objectif d'identifier et quantifier les limites de la planète à respecter afin que les générations à venir puissent continuer à vivre et se développer.

De nombreux scientifiques s'accordent en effet sur l'importance de prendre en compte le contexte global lorsqu'il s'agit de mesurer les impacts environnementaux. Dans cette même perspective, une initiative appelée Science-Based Targets lancée par le WRI, WWF, CDP et UNGC a débuté en 2014. Leur objectif est de promouvoir l'utilisation des Planetary Boundaries lors de la définition des objectifs en termes d'émissions de GES des entreprises.

Conclusion

La prise de conscience de la nécessité d'assurer une gestion efficace des ressources remonte aux années 1970. Pourtant cette idée s'impose plus tardivement au début des années 2000, et ce, en raison de la hausse du prix des matières premières. La crise financière et économique de 2008 l'amplifie. Et c'est dans ce contexte récent que le concept d'économie circulaire a véritablement émergé.

Toutefois, l'économie circulaire a fait son apparition dans un foisonnement de concepts existants en lien avec la soutenabilité, concepts dont la majorité ont été développés entre la fin des années 80 et le début des années 90, à l'image de la *Performance economy*, du *Cradle to Cradle*, de l'*Industrial ecology*, du *Biomimicry* et de la *Green economy*.

L'émergence de l'économie circulaire repose sur une très large appropriation, par des organisations tant françaises, qu'européennes et même internationales. Ce constat aboutit également à la coexistence de multiples définitions pour cette notion dont les contours ne sont pas encore stabilisés.

La revue de la littérature scientifique révèle, de son côté, que l'économie circulaire n'est pas un champ de recherche à proprement parler. Toutefois, lorsque les scientifiques s'intéressent à l'évaluation des boucles, ils font appel à trois grandes catégories de méthodes d'évaluation, que sont l'Analyse de Flux de Matières, l'Analyse du Cycle de Vie et les Indicateurs d'évaluation et de suivi de la performance.

Par ailleurs, la revue de littérature montre que l'évaluation des boucles d'économie circulaire peut poursuivre quatre objectifs, parmi l'évaluation de la faisabilité, des impacts environnementaux, économiques et sociaux, mais aussi la comparaison et la priorisation les différentes boucles, l'appui à la mise en œuvre et enfin, l'évaluation de l'évolution et de la performance des boucles mises en œuvre. Adossés à chacun de ces objectifs, des enjeux

sont identifiés, tels que la prise en compte de l'impact des pertes dissipatives, ou la prise en compte de la qualité de la matière recyclée après plusieurs boucles.

Certains de ces enjeux ne sont pas exclusifs à l'évaluation des boucles matière et sont plus largement représentatifs des enjeux connus de l'ACV. Il a donc été décidé d'étudier en détail seules les problématiques liées à l'évaluation des boucles matière. Cette analyse a été menée en suivant la logique portée par le praticien ACV au moment de réaliser son étude. Chaque étape d'une ACV étant déterminante pour assurer la robustesse de l'évaluation.

Ainsi, le praticien ACV doit assurer la cohérence entre les objectifs de son évaluation environnementale et les objectifs de son projet dans le cadre de l'économie circulaire. Et même si l'ACV ne peut pas répondre à tous les objectifs de l'économie circulaire, la définition des objectifs est essentielle pour définir le type d'ACV menée, le périmètre de l'étude, l'unité fonctionnelle, les indicateurs d'évaluation des impacts et la méthode de priorisation les plus pertinents pour l'évaluation des boucles matière.

L'économie circulaire se présente aujourd'hui comme une approche qui ne dispose pas d'un champ de recherche scientifique en propre. En revanche, les méthodes d'évaluation de systèmes répondant de ce concept sont travaillées par les milieux scientifiques. Face à ce constat, il est difficile d'émettre des généralités sur l'évaluation des boucles matière dans le cadre de l'économie circulaire. Ce rapport se présente donc comme une première étape pour l'évaluation des projets d'économie circulaire qui pourrait bénéficier de travaux complémentaires pour chaque étape identifiée.