

METHODES INNOVANTES D'EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES DECHETS

Synthèse de l'étude

Février 2018

Responsables scientifiques :

Augustin Chanoine, Frédéric Croison
Deloitte – 185 avenue Charles de Gaulle
92200 Neuilly-sur-Seine

Deloitte.

Marc-Andre Wolf
Maki Consulting GmbH - Sepp-Zehentner-Str. 33,
83071 Stephanskirchen, German

maki Consulting GmbH
Life cycle expert services

Charlotte Hugrel, Magalie Palluau
Bleu Safran - 41 rue Gambetta - 71000 Mâcon



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
- ✓ 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.

Synthèse scientifique

Introduction

La perception des déchets a fortement évolué au cours des dernières décennies : hier perçus comme des flux de matière dépourvus de valeur, **les déchets sont perçus aujourd'hui comme de véritables ressources**. Cette transition de la notion de déchet à celle de ressource s'est notamment traduite par l'ancrage du concept d'**économie circulaire**, véritable changement de paradigme, visant à instaurer une logique de « boucles vertueuses » dans lesquelles les matériaux pouvant être recyclés sont réinjectés dans l'économie : l'objectif est de maximiser la réutilisation et le recyclage, et de minimiser la production de déchets.

Dans l'Union Européenne, l'économie circulaire s'est progressivement imposée dans l'agenda législatif et politique. Pour ne citer que quelques textes-clés : la directive européenne n°98/2008 CE sur la gestion des déchets instaure notamment la hiérarchie des modes de traitement des déchets à partir du principe de priorité « réduire, réemployer, recycler » ; la feuille de route « *pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources* » parue en septembre 2011 renforce davantage le lien entre déchets et ressources ; enfin, la Commission Européenne a publié son **paquet « économie circulaire »**, qui consiste en un plan d'action ambitieux couvrant tout le cycle de vie des produits et services, et incluant des propositions de révision des directives relatives aux déchets, fixant par exemple un objectif de recyclage de 65 % des déchets municipaux et de 75 % des déchets d'emballage à horizon 2030.

Il faut donc changer notre point de vue sur les déchets et leur valeur : les déchets et les ressources sont en fait deux faces de la même médaille. On s'intéresse dorénavant aux décharges comme de potentielles réserves de matériaux : le gisement est important, et la concentration de certains matériaux dans les produits stockés est plus importante que celle du minerai initial dans la croûte terrestre. On parle même de « **mines urbaines** ».

Dès lors, **comment ce changement de perception et la vision du déchet comme ressource se reflètent-ils dans les évaluations environnementales et leurs évolutions récentes ?**

En parallèle, la capacité à **évaluer l'impact des filières de gestion des déchets**, notamment sur le plan environnemental, est devenue un enjeu important pour les décideurs publics et privés. Un grand nombre de méthodes et d'approches peuvent être utilisées comme outil d'aide à la décision en matière de gestion des déchets. L'ACV est une méthode pertinente, mais d'autres méthodes d'analyse systémique sont également utilisées, comme l'évaluation environnementale stratégique (EES), l'analyse de risques (AR), l'analyse des flux de matières (Material Flow Analysis – MFA), l'analyse des flux de substances (Substance Flow Analysis – SFA), l'analyse « input-output » (IO), l'analyse énergétique ou exergétique, l'analyse de l'entropie...

Parmi ces méthodes, l'**ACV trouve un écho fort auprès des pouvoirs publics** : à titre d'exemple, dans sa stratégie sur la thématique des déchets, la Commission Européenne encourage l'utilisation de la pensée cycle de vie et de l'ACV en complément de la hiérarchie des modes de traitement des déchets de la directive européenne n°98/2008 CE afin d'appuyer la prise de décision sur la gestion des déchets sur des éléments concrets d'un point de vue environnemental. Cependant, les autres méthodes apportent aussi des éclairages intéressants et complémentaires sur les filières de gestion de déchets.

De par la nature spécifique des activités de gestion des déchets, évaluer leur performance environnementale comporte des enjeux majeurs en termes de méthodologie de calcul :

Enjeu	Problématique(s)
1- Gestion de la multifonctionnalité	La multifonctionnalité de la gestion des déchets entraîne des difficultés quant à la définition des règles d'allocation : à quel(s) cycle(s) de vie doivent être alloués les impacts et bénéfices environnementaux de la gestion des déchets, et quelles règles utiliser ? De plus, le recyclage permet potentiellement à la matière d'être intégrée dans plusieurs cycles de vie. Dès lors, comment mieux considérer l'ensemble des cycles de vie d'un matériau lors du choix de la méthode de comptabilisation et d'allocation pour évaluer le recyclage de manière équitable ?

Enjeu	Problématique(s)
	Faut-il répartir de manière plus homogène sur l'ensemble des cycles de vie les impacts de la production du matériau primaire ? Le recyclage des déchets est à cheval sur deux cycles de vie. Par conséquent, où faut-il placer la frontière du système étudié ?
2- Qualité des données	Les activités de gestion des déchets sont complexes à appréhender et à retranscrire au sein d'ICV ayant une bonne représentativité : ce sont des activités multi-opérateurs, multi-matériaux, recouvrant des phénomènes physico-chimiques complexes et se produisant sur des échelles de temps variées (court terme dans le cas de l'incinération ou long terme dans le cas de l'enfouissement). Les données nécessaires à la prise en compte de ces procédés sont souvent parcellaires ou non représentatives du contexte spécifique de l'étude. Toujours sur les aspects de qualité des données, et étant donné que les procédés de traitement sont en constante évolution, quid de la représentativité de données actuelles pour modéliser les procédés de traitement de produits à longue durée de vie (produits de construction, biens d'équipement, etc.), qui seront mis en œuvre parfois dans plusieurs dizaines d'années ? Dans le même ordre d'idée, si l'on a choisi une méthode de substitution, à quoi se substitueront les matériaux recyclés dans plusieurs dizaines d'années (on retrouve ici une problématique similaire à la difficulté d'appréhension de la fonction rendue par les ressources dans un contexte d'évolutions technologiques permanentes) ?
3- Caractérisation du déchet	Le caractère multi-étapes des activités de gestion des déchets rend la caractérisation du déchet tout au long des étapes de traitement complexe.
4- Appréhension de la qualité de la matière secondaire issue du recyclage	Le recyclage fournit de la matière secondaire qui est réinjectée dans l'économie. Une des barrières à une plus grande intégration de matériau secondaire dans la fabrication de nouveaux produits est le manque de visibilité quant à la qualité du matériau secondaire par rapport au matériau primaire (incertitude sur la qualité du matériau, manque de normes, de labels, etc.). A cet enjeu fait écho la difficulté d'identifier les grandeurs pertinentes pour retranscrire les différents niveaux de qualité du matériau secondaire obtenu par différents processus de recyclage. De plus, la grandeur qu'il est pertinent de retenir dépend de l'application dans laquelle ce matériau secondaire est intégré, selon que ce matériau est utilisé pour ses propriétés mécaniques, de conductivité électrique (cas des câbles métalliques), etc. La valeur économique du matériau secondaire, fluctuant au cours du temps, est-elle une grandeur pertinente, corrélée à la qualité du matériau ?

A ces difficultés de choix de la méthode et des données les plus adaptées au cas d'étude s'ajoutent d'autres enjeux :

- Pour le praticien, la complexité des méthodes de comptabilisation environnementale des activités de gestion de déchets entraîne parfois une difficulté d'implémentation de ces méthodes dans les logiciels d'ACV.
- Il est difficile, pour des non-experts, de comprendre ces méthodes, leurs liens avec la réalité physique des procédés industriels, les résultats de ces méthodes, et l'influence que peut avoir le choix de telle ou telle méthode sur l'orientation du marché et les efforts des différents acteurs d'une filière.

Objectifs de l'étude

Pour faire face à ces enjeux, des efforts de recherche sont déployés pour améliorer la robustesse et la pertinence des méthodes d'évaluation environnementale des filières de gestion des déchets, et des développements méthodologiques sont toujours en cours. Comment évoluent les méthodes d'évaluation

environnementale ? Les enjeux mentionnés précédemment sont-ils mieux appréhendés par les méthodes récentes ou en cours de développement ? Un lien est-il tissé entre l'évaluation de la consommation des ressources et les problématiques de gestion des déchets ?

En 2010, BIO Intelligence Service (ayant rejoint en 2013 l'équipe Deloitte Développement Durable) a réalisé pour le compte de l'association RECORD un état de l'art de la prise en compte de la fin de vie en ACV. Depuis, certains projets SCORELCA se sont également penchés sur certains aspects des méthodes d'évaluation environnementale de la gestion des déchets. Il était clé pour les membres de SCORELCA de faire le point et d'appréhender les développements récents.

Cette étude visait donc à identifier l'ensemble des méthodes innovantes d'évaluation de l'impact environnemental des déchets existantes ou en développement et réaliser une analyse critique de ces méthodes et à fournir des recommandations opérationnelles pour aider les praticiens ACV dans leurs études.

Les objectifs de l'étude ont été les suivants :

- Identifier l'ensemble des méthodes innovantes d'évaluation de l'impact environnemental des déchets existantes ou en développement et réaliser une **analyse critique de ces méthodes**.
- Rendre les méthodes jugées les plus pertinentes directement opérationnelles pour les membres de SCORELCA notamment via l'élaboration de **fiches pratiques d'application**.
- **Réaliser un focus sur deux enjeux majeurs de l'évaluation des déchets** : les modes de prise en compte et d'affectation des « déchets de seconde vie », et la prise en compte de la « valeur résiduelle » environnementale des déchets.

Les travaux ont été effectués en deux phases :

- Une **Phase 1** comprenant :
 - ✓ L'**identification des méthodes** d'évaluation environnementale quantifiée de la gestion des déchets utilisées en France et au niveau international et applicables aux différentes catégories de déchets, avec un focus particulier sur les méthodes innovantes,
 - ✓ La réalisation d'une **analyse critique des méthodologies les plus pertinentes et de leur applicabilité** dans le contexte des membres de SCORELCA,
 - ✓ L'élaboration de **huit « fiches méthode »** permettant de rendre ces méthodes directement opérationnelles pour les membres de SCORELCA, notamment via l'élaboration de fiches pratiques d'application,
 - ✓ L'**identification des perspectives d'évolution des méthodes**, en particulier pour les méthodes encore en développement.
- Une **Phase 2** lors de laquelle ont été réalisés des focus sur deux enjeux majeurs de l'évaluation des déchets, à savoir :
 - ✓ Un premier focus sur les **modes de prise en compte et d'affectation des « déchets de seconde vie »**,
 - ✓ Un second focus sur la **prise en compte de la « valeur résiduelle » des déchets**.

Revue, applicabilité et perspectives

Identification et sélection des méthodes à analyser

Dans ce volet de l'étude, une importante revue bibliographique sur les méthodes d'évaluation de l'impact environnemental de la gestion des déchets a été menée dont le périmètre était le suivant :

- Les méthodes purement « ACV »,
- Les méthodes combinant l'ACV et d'autres approches méthodologiques (ex. : combinaison MFA/ACV, ACV/analyse du risque, etc.),
- Les autres méthodes « non ACV » (ex. : analyse du risque, analyse coûts-bénéfices, aide à la décision multicritère (« Multi-Criteria Decision Making »)).

La recherche a été concentrée sur des méthodes développées depuis 2010 : certaines méthodes de calcul de fin de vie en ACV déjà bien documentées et implantées dans le panorama des approches couramment utilisées (ex. : approches « 100:0 », « 0:100 », « 50:50 », méthode des stocks, formule initiale du PEF, etc.) ont été citées dans le cadre de la revue de littérature mais n'ont pas été retenues dans le périmètre des méthodes à analyser.

Afin de compléter cette revue bibliographique, une phase d'enquête auprès des praticiens ACV et développeurs de méthodes d'une part et auprès de relais à l'international d'autre part a été menée et a abouti aux résultats suivants :

- Les répondants n'ont pas identifié d'enjeu manquant de l'évaluation environnementale de la gestion des déchets par rapport à la liste des enjeux identifiés (présentée ci-dessus),
- Une méthode présentant un intérêt pour l'étude a été citée par un répondant : il s'agissait de la méthode mise en œuvre par Réylum, Eco-Systèmes et Bleu Safran pour la production d'ICV de la gestion en fin de vie de 7 flux d'EEE dans le cadre de la filière agréée des DEEE.

A l'issue de la revue de la littérature, une base de données bibliographique a été constituée regroupant 93 références identifiées, dont 84 publiées à partir de 2010, le reste entre 2006 et 2009. Une étape de pré-sélection puis de priorisation des méthodes a permis d'identifier les **8 méthodes listées dans le tableau suivant pour une analyse approfondie**.

Tableau 1 – Liste des méthodes sélectionnées ayant fait l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'étude

Titre	Auteur(s)	Année	Méthode	Fiche méthode
The "Integrated formula" for modelling recycling, energy recovery and reuse in LCA	Wolf M-A., Wolf (Chomkhamisri) K., Ardente F	2013	Approche intégrée	Fiche n°1
The Multi-Recycling-Approach as a new option to deal with the end-of-life allocation dilemma (présentation dans le cadre de la conférence ACLCA LCA XII, Tacoma, 2012) Et : Ökobilanz nach ISO 14 040/44 für das multirecycling van stahl	Neugebauer S., Finkbeiner M.	2012	Approche « multi-recycling »	Fiche n°2
Bilan environnemental du tri et du recyclage des emballages ménagers plastiques autres que bouteilles et flacons (rapport final d'étude pour l'ADEME et Eco-Emballage)	Hugrel C., Palluau M.	2014	Comptabilisation de la valeur résiduelle du déchet	Fiche n°3
Discussion on methods to include prevention activities in waste management LCA	Nessi S, Rigamonti L., Grosso M	2013	Inclusion de la prévention dans les ACV de gestion des déchets	Fiche n°4
"Life Cycle Assessment of Mixed Municipal Solid Waste: Multi-input versus multi-output perspective	Fiorentino G., Ripa M., Protano G., Hornsby C., Ulgiati S.	2015	Approche « multi-input » et « multi-output »	Fiche n°5
Methodology of supporting decision-making of waste management with material flow analysis (MFA) and consequential life cycle assessment (CLCA): case study of waste paper recycling	Sévigné-Itoiz, E., Gasol C. M., Rieradevall J., Gabarrell X.	2014	Couplage MFA/ACV	Fiche n°6
Environmental consequences of recycling aluminium old scrap in a global market	Sévigné-Itoiz, E., Gasol C. M., Rieradevall J., Gabarrell X	2014		
Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making	Turner D. A., Williams I. D., Kemp S.	2016		
"Circular Footprint Formula": approche recommandée par la Commission européenne dans le cadre de la phase pilote PEF-OEF	Commission européenne	2016	Circular Footprint Formula (CFF)	Fiche n°7
ICV de la gestion en fin de vie des matériaux constitutifs des équipements électriques et électroniques dans le cadre de la filière agréée des DEEE	Eco-systèmes; Réylum; Bleu Safran	2016	Couplage MFA/ACV	Fiche n°8

Les « fiches méthode » peuvent être consultées dans le rapport final de l'étude.

Conclusions et perspectives

Deux axes d'analyse des méthodes ont été proposés :

- Un premier axe visant à conduire une **analyse des méthodes vis-à-vis des enjeux identifiés de l'évaluation environnementale des déchets** ;
- Un second axe visant à **analyser les méthodes selon le contexte et les objectifs des études** dans lesquelles elles pourraient être mises en œuvre : dans les ACV orientées « produit » et les ACV orientées « déchets » d'une part et les applications potentielles des résultats obtenus d'autre part.

Des perspectives ont également été proposées dans une dernière partie afin de s'interroger sur le traitement des enjeux identifiés non couverts actuellement par les méthodes, d'identifier des pistes d'amélioration pour chaque méthode et d'identifier d'éventuels travaux complémentaires ou de veille à réaliser par SCORELCA.

❖ *Analyse des méthodes vis-à-vis des enjeux identifiés de la gestion des déchets*

Cette phase de l'étude visait plus précisément à répondre à la question suivante : **les enjeux de l'évaluation environnementale de la gestion des déchets sont-ils traités par les méthodes innovantes identifiées dans la Phase 1 de cette étude ?**

Les enjeux considérés ici se limitent principalement à quelques-uns des enjeux de l'ACV appliquée à la gestion des déchets, les méthodes analysées dans le cadre de l'étude étant toutes des méthodes basées sur l'ACV. Les enjeux considérés sont les suivants :

Tableau 2 - Rappels des enjeux identifiés de l'évaluation environnementale de la gestion des déchets

#	Enjeux identifiés
Enjeu 1	Enjeu d'allocation des bénéfices et des impacts environnementaux des matériaux ou de l'énergie récupérée entre deux cycles de vie successifs
Enjeu 2	Représentativité temporelle des opérations de traitement des déchets pour des produits à longue durée de vie (ex: bâtiments)
Enjeu 3	Complexité de cartographier la structure des filières de gestion des déchets (ex: complexité d'identification de tous les acteurs impliqués dans une filière de traitement, complexité de cartographier la chaîne de procédés intervenant dans les systèmes de gestion des déchets, ...)
Enjeu 4	Caractérisation des déchets tout au long de la chaîne de traitement (capacité d'identifier et d'évaluer les différentes impuretés et la qualité des fractions de matériaux recyclés issues des opérations de traitement)
Enjeu 5	Disponibilité d'inventaires de cycle de vie (ICV) robustes et représentatifs des opérations de traitement (ex : émissions fugitives dans l'air et émissions dans les sols dues au lixiviats dans les centres d'enfouissement de déchets)
Enjeu 6	Disponibilité d'inventaires de cycle de vie (ICV) robustes et représentatifs pour capturer les bénéfices liés au recyclage et à la valorisation énergétique des matériaux
Enjeu 7	Disponibilité de méthodes de caractérisation pour évaluer les impacts toxiques des lixiviats de centres d'enfouissement de déchets
Enjeu 8	Prise en compte du déchet comme une véritable ressource et non comme une ressource « fatale » gratuite du point de vue environnemental. Ex : prise en compte d'une « valeur » intrinsèque des déchets/remise en cause de l'approche « <i>zero burden</i> » communément admise où le déchet en entrée du système de traitement est considéré comme ne portant pas d'impact, l'impact des étapes en amont de la collecte étant alloués à la fonction primaire de la matière constituant le déchet, etc.

Les principaux points suivants ressortent de cette analyse.

Bilan des méthodes analysées par rapport au cadre méthodologique général de l'ACV :

Si l'on considère les méthodes sous l'angle de leur apport et de leur articulation par rapport au cadre méthodologique général de l'ACV, tel que défini dans la norme ISO 14 044, les éléments suivants peuvent être constatés :

- Des méthodes telles que le couplage MFA/ACV présentent un intérêt se situant plutôt « en amont » de la mise en œuvre de l'ACV en tant que tel : ces méthodes permettent principalement d'**alimenter l'étape d'établissement de l'inventaire de cycle de vie** du système étudié en données plus robustes, notamment en permettant une meilleure traçabilité des différents flux de matériaux ou de substances.
- D'autres méthodes interviennent au cœur de l'ACV, notamment dans le **calcul de l'inventaire de cycle de vie**, en particulier toutes les méthodes d'allocation des bénéfices/ impacts environnementaux entre plusieurs cycles de vie successifs (approche intégrée, approche « multi-recycling », Circular Footprint Formula).
- La mise en œuvre de certaines méthodes s'inscrit de manière beaucoup plus **transversale par rapport au cadre général de l'ACV** : c'est le cas de la méthode « Multi-input/multi-output ». Les principes spécifiques de la méthode touchent les différentes étapes de la mise en œuvre de l'ACV, de la définition des objectifs et du champ de l'étude à l'interprétation des résultats.
- Enfin certaines méthodes (méthode de prise en compte de la valeur résiduelle des déchets) apportent un éclairage complémentaire plutôt en « **aval** » de l'ACV, en proposant des méthodes alternatives à la comptabilisation « traditionnelle » de certains impacts environnementaux (de la consommation d'énergie primaire dans le cas de la méthode de prise en compte de la valeur résiduelle des déchets).

Bilan sur la couverture des enjeux identifiés par les méthodes

Avec l'avènement du concept d'économie circulaire et la hiérarchie des modes de gestion établie dans la Directive 2008/98/EC, le déchet tend à être de plus en plus considéré comme une ressource. Parmi les méthodes analysées, deux méthodes prennent en compte plus particulièrement ce point de vue : la méthode visant à prendre en compte la valeur résiduelle des déchets et l'approche « multi-input » / « multi-output ».

D'autres enjeux-clés de l'économie circulaire comme la prévention des déchets ne sont que partiellement couverts dans la littérature. La plupart des études consultées lors de la revue bibliographique portent sur les filières de traitement « classiques » (recyclage, valorisation énergétique, enfouissement) et paradoxalement très peu d'études s'intéressent aux modes de gestion considérés comme prioritaires dans la hiérarchie des modes de gestion.

ACV « produit » versus ACV « déchet »

Parmi les méthodes d'évaluation de l'impact environnemental de la gestion des déchets basées sur la méthode d'ACV, deux approches peuvent être distinguées selon l'objectif global de l'étude et la nature du système étudié :

- Les **ACV orientées « produit »**, portant sur des produits, dites du « berceau à la tombe » (« cradle to grave ») et dont le périmètre intègre l'ensemble des étapes du cycle de vie du produit étudié. La gestion des déchets générés en fin de vie du produit est alors intégrée aux frontières du système comme une étape du cycle parmi d'autres, et les impacts qui y sont liés sont ramenés à l'unité fonctionnelle définie en amont.
- Les **ACV orientées « déchet »**, portant uniquement sur la gestion d'un ou de plusieurs flux de déchets. Cette approche permet de comparer les filières de traitement des déchets entre elles.

Une catégorisation des huit méthodes analysées dans le cadre de cette étude est proposée en regard de ces deux grandes catégories d'approche :

Tableau 3 – Catégorisation des méthodes d'évaluation environnementale de la gestion des déchets analysées dans le cadre de l'étude

	ACV « PRODUIT »	ACV « DECHET »
Objectif global par rapport à la gestion des déchets	Analyser la contribution de la fin de vie du produit à l'impact du cycle de vie complet du produit analysé	Mesure et/ou comparer la performance environnementale d'une ou plusieurs filières de traitement des déchets
Exemple d'unité fonctionnelle type	Exemple pour un produit de grande consommation : « Consommer X unité(s) de produit » Exemple pour des emballages : « Protéger 1kg de produit depuis l'étape de conditionnement jusqu'à la consommation du produit »	« Collecte et traiter/valoriser 1 tonne de déchets »
Classement des méthodes couvertes par la présente étude	Approche intégrée « Circular Footprint Formula » Approche « Multi-recycling »	Comptabilisation de la valeur résiduelle du déchet Inclusion de la prévention dans les ACV de gestion des déchets Approche « multi-input » et « multi-output » Couplage MFA/ACV

Analyse des méthodes selon les applications potentielles visées

Une analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM) des méthodes innovantes sélectionnées a été réalisée en regard de différents groupes d'applications potentielles au sens de l'ILCD.

Les groupes d'applications considérés dans cette analyse sont :

- Groupe 1 :
 - Identification d'indicateurs-clés de la performance environnementale (KEPI) pour une catégorie de produit dans le cadre d'une démarche d'écoconception / d'une ACV simplifiée,
 - Analyse des points faibles d'un produit donné (« weak point analysis »)
 - Démarches poussées d'écoconception/de conception favorisant le recyclage, la réalisation d'étude ACV simplifiée/ de type « KEPI »
- Groupe 2 :
 - Comparaison de biens ou services spécifiques,
 - Benchmark de produits par rapport à la moyenne de la catégorie à laquelle ils appartiennent
- Groupe 6 : politiques publiques – analyses prospectives sur la pénétration de technologies, ou les stratégies matériaux
- Groupe 8 : déclaration environnementale institutionnelle ou de site, incluant les calculs des effets indirects d'un système de management environnemental (EMS)

D'autres applications ou groupes d'applications sont suggérés dans l'ILCD mais n'ont pas été retenus dans le cadre de cette analyse car jugés moins pertinents au vu des besoins des membres de SCORELCA. Les matrices FFOM détaillées des méthodes sont présentées dans le rapport final de l'étude.

❖ Perspectives

L'analyse des méthodes et la mise en perspective des résultats des analyses ont permis de dégager les principaux axes d'amélioration suivants :

- Le besoin de généraliser les concepts ou les principes sur lesquels se basent les méthodes ;
- Le besoin de lever certains biais méthodologiques présents dans les méthodes afin d'en améliorer la robustesse ;

- Le besoin d'améliorer l'opérationnalité des méthodes afin d'en faciliter la mise en œuvre par les praticiens.

Des axes d'amélioration ont été identifiés plus précisément pour chacune des méthodes incluses dans le périmètre de l'étude. Ces axes d'amélioration sont détaillés dans le rapport final de l'étude.

Sujet d'approfondissement A : Allocation multi-cycle de vie

L'objectif de ce volet de l'étude a été d'analyser les méthodes d'allocation des impacts du traitement des déchets et des procédés de valorisation (et plus généralement les procédés de production et de traitement des matériaux) ainsi que des bénéfices liés au recyclage et à la valorisation, à des cycles de vie de produits autres que ceux où ces procédés interviennent physiquement : on parle de méthodes d'allocation « multi-cycle de vie ». Une telle allocation peut être réalisée sur le premier cycle de vie du matériau étudié (sa première utilisation après sa production comme matériau primaire), sur le cycle de vie suivant le cycle de vie étudié, ou précédent pour le contenu en recyclé, la consommation d'énergie secondaire ou de composants réparés, voire sur l'ensemble des cycles de vie des produits dans lesquels le matériau est utilisé avant d'être entièrement mis au rebut ou dispersé.

Pour bien appréhender les enjeux des différentes méthodes d'allocation multi-cycle de vie, les éléments suivants ont été proposés dans le cadre de cette étude :

1. Des méthodes spécifiques ont été analysées (analyse théorique, analyse FFOM – Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces), pour comprendre concrètement quels peuvent être les avantages et limites des différents types d'approche.
2. Des considérations générales ont été apportées sur les allocations multi-cycle de vie.

Analyse de méthodes d'allocation multi-cycle de vie spécifiques

Trois façons de considérer la fin de vie en ACV peuvent être distinguées :

- **L'approche matériau**, qui se concentre sur l'impact moyen d'un matériau tout au long de sa durée de vie. Les impacts sont ramenés par kg de matériau.
- **L'approche produit (ou « ACV produit »)**, qui se concentre sur un cycle de vie particulier. Ce type d'approche tient compte des taux spécifiques aux produits pour recyclage et valorisation et considère pour l'allocation des impacts et bénéfices des valorisations matière et énergie 2 à 3 cycles de vie (cycles de vie de produits) : le cycle de vie analysé et les cycles de vie précédent et/ou suivant. Les calculs se font pour une unité fonctionnelle relative au produit analysé.
- **L'approche traitement des déchets (ou « ACV déchet »)**, qui se concentre sur les dommages et bénéfices liés aux procédés de traitement des déchets. L'unité de référence typique est la masse ou le volume des déchets qui entrent dans le système de gestion des déchets.

Le focus des ACV déchet étant le traitement des déchets en tant que tel, ces approches n'ont pas de logique d'allocation multi-cycle de vie, par conséquent l'étude n'a porté que sur les approches « matériau » et « produit ». Les méthodes suivantes ont été analysées dans le cadre de cette étude (le lecteur se reportera au rapport final pour l'analyse de ces méthodes) :

- Exemple d'« approche matériaux » : l'approche multi-recyclage (MRA, multi-recycling approach), qui alloue sur l'ensemble des cycles de vie des produits dans lesquels le matériau considéré est utilisé.
- Exemple d'« approche produit » : la Circular Footprint Formula (CFF), qui alloue sur 3 cycles de vie (actuel/analysé, précédant et suivant).

Allocation multi-cycle de vie : conclusions et recommandations

Différentes conséquences des allocations multi-cycle de vie ont été identifiées. Les recommandations générales suivantes peuvent être faites :

- Il est recommandé de s'assurer que les impacts et les bénéfices répartis sur plusieurs cycles de vie reflètent bien les contributions propres aux produits, c'est-à-dire que le principe du pollueur-payeur est respecté.

- Quand des bénéfices sont alloués au recyclage, à la valorisation énergétique et à la réutilisation de composants, ils doivent être compensés par des débits de taille équivalente pour l'utilisation de ces matériaux secondaires, de cette énergie et de ces composants dans un produit.
- Nous recommandons d'éviter d'allouer sur plus de trois cycles de vie, c'est-à-dire plus que le cycle de vie analysé, le cycle de vie précédent et le cycle suivant, pour deux raisons : 1/ la perte de la connexion des systèmes de produits augmente fortement l'incertitude de l'analyse (en particulier pour les produits avec une durée de vie plus longue), et 2/ les spécificités des produits dans lesquels le matériau est utilisé (taux d'incorporation de recyclé, recyclabilité, séparabilité, etc.) ne peuvent pas être prises en compte.
- Pour les études sur les produits ayant une longue durée de vie (par exemple les bâtiments), il est nécessaire de considérer les incertitudes des données utilisées pour le recyclage/la valorisation en fin de vie.
- Il convient de s'assurer que toutes les formes de valorisation de fin de vie (c'est-à-dire le recyclage des matériaux, la valorisation énergétique, la réutilisation de composés) sont explicitement considérées de la même manière.
- Il convient de s'assurer que l'approche choisie est compatible avec l'approche conséquentielle ou attributionnelle utilisée.

Sujet d'approfondissement B : Prise en compte de la « valeur résiduelle » effective des déchets

Dans une phase antérieure de l'étude, nous avons réalisé une analyse détaillée de l'approche proposée par Bleu Safran dans le cadre de l'étude menée pour l'ADEME et Eco-Emballages sur le Bilan environnemental du tri et du recyclage des emballages ménagers plastiques autres que bouteilles et flacons (mai 2014)¹ pour mieux refléter la valeur résiduelle (en contenu énergétique) des déchets. Pour améliorer l'évaluation et la comparaison de la performance énergétique des filières de traitement des déchets, les auteures proposent que l'énergie contenue dans les déchets soit prise en compte dans la quantification de la consommation d'énergie primaire totale.

Dans le cadre de ce sujet d'approfondissement, on s'est intéressé à la possible extension de la méthode à d'autres indicateurs ou enjeux environnementaux, en premier lieu desquels l'enjeu de consommation des ressources. Nous avons souhaité investiguer la possibilité de se fonder sur les indicateurs d'épuisement des ressources disponibles en ACV pour évaluer la valeur résiduelle en termes de ressources des déchets. Par analogie avec ce qui est proposé pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire, cela pourrait être fait par exemple en calculant un équivalent d'indicateur ressources pour le flux de déchet considéré.

Dans les deux paragraphes suivants, on :

- rappelle certains questionnements et limites clefs qui traversent les travaux de construction des indicateurs ressources en ACV ;
- examine les spécificités qui pourraient apparaître dans le cas d'une estimation de la valeur résiduelle des déchets au regard des ressources.

Avant cela, on rappelle que les indicateurs de ressources en ACV cherchent à prendre en compte la **baisse de disponibilité des fonctions assurées par les ressources pour les générations futures** (définition de l'aire de protection « ressources »), adoptant une vision liée à la valeur fonctionnelle des ressources, par opposition à leur valeur intrinsèque (voir le rapport de l'étude SCORELCA sur les indicateurs d'épuisement des ressources en ACV²).

Problématiques et limites générales des indicateurs ressources utilisés en ACV

Une première limite des indicateurs ressources exploités en ACV provient du fait que les méthodes évaluent à l'aide d'un même indicateur des ressources qui n'assurent pas les mêmes fonctions : en d'autres termes,

¹ Ademe, Eco-emballages. Bilan environnemental du projet d'extension des consignes de tri à l'ensemble des emballages ménagers plastiques - rapport final post revue critique, 2014

² SCORELCA - Indicateurs d'épuisement des ressources en Analyse de Cycle de Vie. BIO Intelligence Service, Septembre 2013.

elles utilisent un référentiel d'évaluation unique pour rendre compte de qualités/d'aptitudes qui mériteraient d'être appréciées selon des référentiels différents (les usages ou les fonctions qui sont attendues).

Une seconde limite des indicateurs ressources exploités en ACV provient du fait que les méthodes ne distinguent pas véritablement une consommation réellement destructive des ressources d'une « simple » immobilisation de ces ressources, ces deux types d'action étant considérés sur un même plan du point de vue de l'évaluation. La plupart des indicateurs d'épuisement des ressources évaluent un épuisement *potentiel* des ressources.

Problématiques spécifiques de classification des ressources dans le cas du déchet

Lorsque la réflexion sur ce qu'est une ressource et sur les modalités d'identification des différentes catégories de ressources est appliquée au cas du déchet et non plus aux ressources prélevées de l'environnement, des questions spécifiques sont susceptibles d'apparaître du fait du caractère anthropique du déchet, par opposition au caractère « naturel » des ressources prélevées de l'environnement. La question spécifique qui se pose quand on cherche à évaluer la valeur d'un déchet du point de vue de ses ressources est la suivante :

- L'évaluation doit-elle être conduite en exploitant la même classification et le même référentiel que ceux utilisés pour apprécier les ressources « naturelles » ? Dans cette perspective, les plastiques et les alliages, par exemple, ne font pas partie de cette grille de lecture et sont dénués de valeurs/fonctions qui leurs sont propres ; le bronze, par exemple, est alors appréhendé à travers une lecture de son contenu cuivre et de son contenu étain.
- L'évaluation doit-elle être conduite en adaptant et en enrichissant la classification et le référentiel utilisés pour apprécier les ressources « naturelles » ? Dans cette perspective, les plastiques et les alliages trouveraient une place et des facteurs de caractérisation qui leurs sont propres.

Conclusions

Compte tenu de tout ce qui précède, il nous semble que l'extension de la méthode à un indicateur de déplétion des ressources *en utilisant les indicateurs d'épuisement des ressources actuellement disponibles* est potentiellement complexe.

La méthode d'Impact World+ pour les ressources apparaît toutefois comme une piste prometteuse car d'une part elle traduit les fonctions de chaque ressource en intégrant au modèle la notion de secteurs utilisateurs et d'autre part elle tient compte du mode d'utilisation de la ressource, faisant la différence entre épuisement effectif de la ressource ou usage compétitif : seule la fraction réellement dissipée sera prise en compte, et non la totalité du flux de ressource extrait. La méthode permettant de tenir compte du recyclage comme une nouvelle mise à disposition des fonctions d'une ressource, pourra peut-être être utilisée pour évaluer la valeur d'un déchet en termes de ressources (qui pourra être perdue dans le cas d'une gestion en enfouissement ou incinération, ou exploitée dans le cas du recyclage).