

FRED - Concilier la rentabilité et l'environnement grâce l'éco-conception

Ir C. BOSSER
PIERRARD – Virton

Après une brève présentation du projet « Interreg IV FRED » et du concept d'écoconception, l'article traite des outils développés pour faciliter l'implémentation d'une démarche d'éco-conception en entreprise. Un exemple est ensuite présenté afin, notamment, de mettre en évidence les apports de l'analyse de cycle de vie (ACV) comme outil support à une démarche de reconception.

Mots-clefs : écoconception, ACV, PME, mécanique, reconception, conception

After a short description of the project « Interreg IV FRED », the tools developed to facilitate the implantation of a LCA approach in enterprise, are presented. An example is then treated to demonstrate the benefits of the LCA to support a re-conception demarche.

Keywords : ecodesign, life cycle analysis (LCA), small and medium-sized enterprises (SMEs), mechanics, re-conception, conception

1. Le projet FRED

Le présent article s'inscrit dans le cadre du programme de coopération transfrontalière Interreg IV « FRED - Fabrication Rapide et Eco-Design » dans lequel le Département Ingénieur Industriel de Pierrard Virton est impliqué, aux côtés de dix partenaires.

Ce projet a pour but d'augmenter la compétitivité des PME de la mécanique, de la machine spéciale, de la déformation et des matériaux de la région Wallonie-Lorraine-Luxembourg en leur démontrant les avantages de l'écoconception et des procédés de fabrication rapide. Historiquement, ce territoire est une terre d'industries lourdes, avec un tissu très dense de PME de la sous-traitance et de la prestation à cette industrie traditionnelle. La problématique soulevée réside dans la difficulté à faire évoluer cette énorme majorité d'entreprises convaincues que l'innovation n'est pas pour elles car elles ne maîtrisent pas la totalité du cycle de conception et d'industrialisation de leurs produits. L'écoconception est pourtant un levier formidable mais aussi une nécessité cruciale à intégrer dans la vision des industries de la mécanique et de la machine spéciale. Pour l'heure, rares sont les entreprises du secteur qui intègrent ces aspects car il existe encore peu de contenu et d'outils pertinents adaptés à leurs problématiques et contexte.

Avant de développer plus en détails les actions menées dans le cadre du projet, les paragraphes qui suivent sont consacrés à un bref rappel des principes généraux et des bénéfices inhérents à l'écoconception.

2. L'écoconception

2.1. Principes généraux

L'écoconception consiste à intégrer l'environnement dès la conception d'un produit (bien ou service), et ce lors de toutes les étapes de son cycle de vie (CdV). Cette approche vise, *in fine*, la réduction des impacts environnementaux liés à un produit (bien ou service) et ce, à l'échelle de son CdV, à savoir, les étapes d'extraction des matières premières, de production, de transports, d'utilisation et de fin de vie. A noter que la prise en compte de l'environnement commence très tôt. En effet, dès la

conception, des choix sont arrêtés dont les conséquences sur l'environnement diffèrent parfois significativement. On estime en effet qu'après 20% du temps consacré au développement d'un produit, 80% des choix techniques sont figés ; il en est de même pour les aspects environnementaux [1].

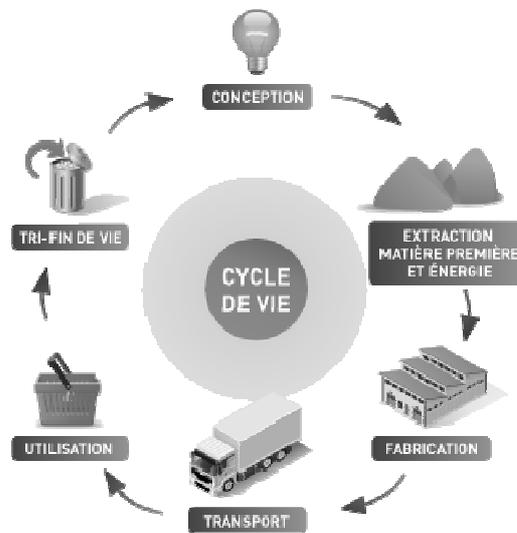


Figure 1 : Etapes du CdV d'un produit [2]

Si l'écoconception est une approche globale, multi-étapes, elle est aussi nécessairement multicritères (fig. 1). Elle s'intéresse non pas à un seul mais bien à un ensemble d'impacts environnementaux, prenant ainsi en compte les effets sur les écosystèmes, la santé humaine, l'épuisement des ressources, le changement climatique, etc.

L'écoconception est particulièrement intéressante dans la perspective de durabilité puisqu'elle couvre l'ensemble du cycle de vie du produit et permet d'éviter que des améliorations environnementales locales soient la résultante d'un simple déplacement des charges polluantes [3]. Cette approche globale permet d'éviter des glissements d'impacts sur l'environnement soit d'une phase du CdV à une autre (fig. 2.), soit d'un indicateur vers un autre (fig. 3).

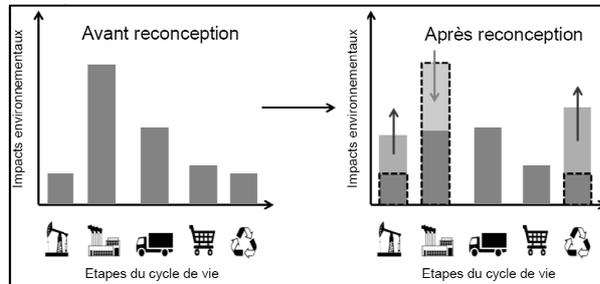


Figure 2 : Transfert de pollution d'une étape du CdV à une autre (adapté de [1])

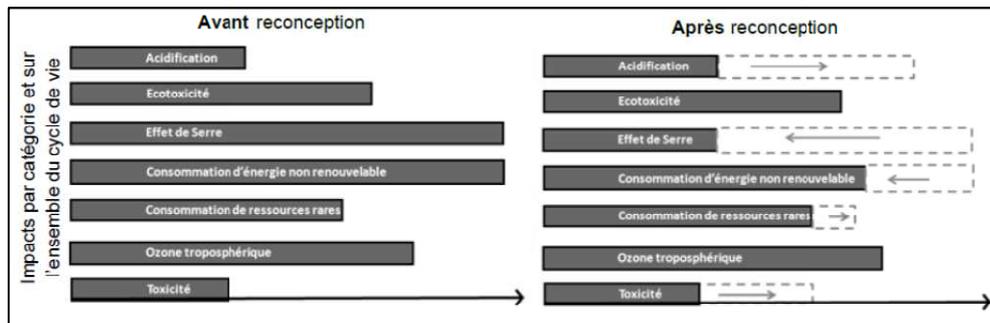


Figure 3 : Transfert de pollution d'une catégorie d'impacts à une autre (adapté de [1])

L'écoconception nécessite l'implication de tous les acteurs de la chaîne de valeur, aussi bien internes qu'externes. Seule cette multidisciplinarité permet de remplir pleinement les objectifs liés à l'écoconception tout en gardant une vision globale sur le CdV du produit [1].

2.2. Les bénéfices de l'écoconception

L'écoconception recherche le juste compromis entre l'environnement et les autres contraintes classiques de conception : la faisabilité technique, la maîtrise des coûts, le respect des délais et les attentes des clients [4]. Alors que la protection de l'environnement est couramment associée à une baisse de rentabilité pour l'entreprise, ce n'est pas le cas avec l'écoconception. Selon une étude publiée en janvier 2014 par l'IDP (Institut de Développement de Produits - Québec) et le Pôle Eco-Conception (France), il apparaît que « [...] l'écoconception est une solution « gagnant-gagnant »

car elle engendre des gains environnementaux, bénéfiques pour tous, sans impacts négatif sur la rentabilité [4] ». Ce rapport a également mis en évidence que « [...] la marge bénéficiaire des produits éco-conçus se situe, en moyenne, 12% au-dessus de la marge des produits conventionnels. ». Cela s'explique, entre autres, par le fait que les stratégies les plus courantes en écoconception consistent en une diminution des quantités de matière et/ou d'énergie utilisées et/ou en une optimisation de la logistique.

L'écoconception est en outre une source de différenciation et d'innovation, ouvrant ainsi la porte à de nouveaux marchés et de nouveaux clients. Elle améliore l'image de marque de l'entreprise, qui en s'engageant en écoconception, participe à la mise en œuvre concrète du concept développement durable, problématique de plus en plus souvent au premier plan de l'actualité. L'étude Franco-Québécoise [4] confirme ainsi que l'écoconception améliore l'image ou la notoriété pour 86% des répondants européens.

La mise en œuvre d'une approche de type écoconception fédère les équipes de tous les secteurs de l'entreprise autour d'un sujet motivant qui change la façon de concevoir. Dans l'enquête de l'IDP et du Pôle Eco-Conception [4] on estime à 41% le pourcentage d'entreprises dont la motivation où la fierté des employés a été améliorée suite au déploiement d'une démarche d'écoconception. A noter que même la relation client peut bénéficier de retombées positives et ce, pour 36% des entreprises sondées [4].

Enfin, l'écoconception est encouragée au niveau européen et national. En tant qu'approche volontariste, elle permet d'anticiper et de respecter les réglementations environnementales actuelles et à venir, voire de transformer ces nouvelles contraintes en opportunités. Elle donne ainsi à l'entreprise un avantage concurrentiel qu'elle ne peut plus négliger

2.3. Les outils de l'écoconception

Bien qu'il s'agisse d'une démarche à l'initiative de l'entreprise, l'écoconception n'en n'est pas moins une approche normée. Les normes ISO 14062 et 14006 sous-tendent la démarche et offrent un premier cadre aux organismes désireux d'intégrer l'écoconception. Des outils pratiques sont néanmoins nécessaires afin de concrétiser la démarche.

Il en existe une multitude. On citera, entre autres, les listes de contrôle, les approches matricielles, les guides, les lignes directrices, les analyse de cycle de vie. Ils se distinguent notamment en fonction de leurs objectifs. En effet, les outils visant à établir le profil environnemental du produit à partir d'informations de base, caractéristiques du produit, sont qualifiés d'« outils d'évaluation ». Les « outils de préconisation » aident par contre le concepteur dans sa recherche de solution [5]. Les outils d'écoconception peuvent aussi être classés en fonction de l'approche proposée, qualitative ou quantitative, ou encore en fonction du nombre de phases du CdV, ou d'indicateurs environnementaux, considéré. A noter également que l'utilisation de certains outils nécessite des connaissances en écoconception plus ou moins poussées. Ils ne sont donc pas tous directement accessibles à une entreprise novice en la matière.

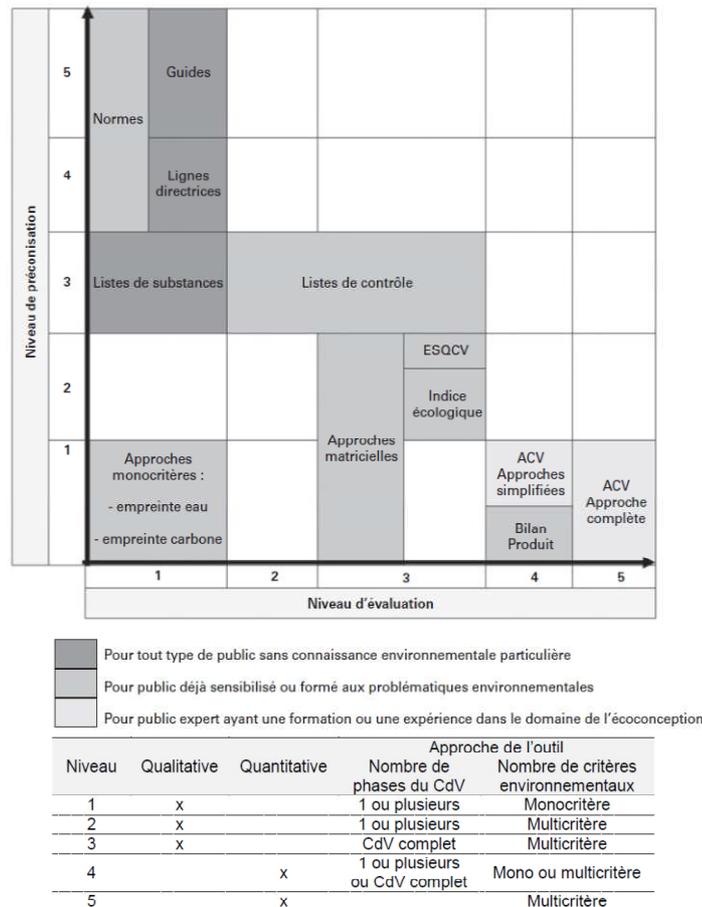


Figure 4 : Classement des quelques outils d'écoconception [5]

Il ressort de la figure 4 que l'ACV est l'approche la plus complète. Il s'agit d'une analyse multi-étapes, multicritères mais aussi multi-composants puisque tous les éléments (consommables, emballages, maintenance éventuelle, ...) nécessaires à la réalisation de la fonction du produit sont pris en compte. Elle est reconnue au niveau international et a fait l'objet de travaux de normalisation (ISO 14040 et 14044). Son utilisation dans les PME reste cependant limitée notamment car la mise en œuvre de cet outil scientifique requiert du temps et des connaissances poussées en ACV.

3. Les actions du projet FRED

Le contexte réglementaire, normatif et la pression des marchés conduisent de plus en plus d'entreprises à intégrer l'environnement dès la conception [5]. Les outils d'écoconception existent et sont nombreux. Or, force est de constater que très peu de PME du secteur de la mécanique de la région Wallonie-Lorraine-Luxembourg sont impliquées. Dès lors, afin de faciliter la mise en œuvre de la démarche d'écoconception dans les industries du secteur, trois axes de travail ont été définis :

- La formation.
- Le développement d'outils.
- L'accompagnement.

3.1. La formation

La mise en œuvre d'une démarche d'écoconception ne s'improvise pas. Des connaissances de base sont nécessaires pour réussir sa démarche. L'écoconception étant une approche pluridisciplinaire, multi-métiers, une des forces du programme FRED est de reposer sur un consortium de onze partenaires présentant chacun une expertise dans diverses matières spécifiques et complémentaires. Au terme du projet, un panel de 8 modules sera proposé tant aux équipes déjà en place en entreprises ou bureaux d'études, qu'aux étudiants universitaires (tableau 1). La diversité des thèmes proposés permettra non seulement d'acquérir les connaissances de base en écoconception mais également :

- D'être capable de quantifier les impacts environnementaux d'un produit au travers de la réalisation d'une ACV simplifiée et déterminer les opportunités d'amélioration.

- D'être capable d'identifier des pistes concrètes d'amélioration du produit par exemple, à l'aide des techniques de fabrication additive, ou en optimisant sa consommation de matière et/ou d'énergie.

Intitulé du module de formation	Partenaires associés
L'écoconception – concept et principes généraux	ENSAM, ULg, CRP Tudor
L'analyse de cycle de vie	ENSAM, ULg, CRP Tudor
L'optimisation des flux de matière et d'énergie dans les processus de fabrication	HENALLUX, ENSAM, ULg
Le développement rapide de produits	SIRRIS, CIRTES, ULg
L'optimisation topologique et la sélection des matériaux	ULg, HENALLUX, ENSAM
Le management de l'environnement	Technifutur, ENSAM, ULg
L'éco-fabrication	Technifutur, ENSAM, ULg
La simulation couplée	ULg, INSIC

Tableau 1 : Modules de formation du projet FRED

3.2. Le développement d'outils

Compte-tenu de la multitude d'outils d'écoconception disponibles, un inventaire de l'existant a été réalisé. Cet annuaire se voulant être un outil pratique, à destination des PME, il se présente sous la forme d'un fichier excel dynamique, structuré de façon à ce que l'entreprise identifie rapidement et facilement l'outil spécifiquement adapté à ses besoins. Les critères de recherche reposent sur un jeu de questions/réponses axé sur les attentes de l'industriel (tableau 2). Plus de 120 outils sont ainsi répertoriés et détaillés dans des fiches descriptives.

Dans le même ordre d'idées, un guide des stratégies d'écoconception a été rédigé. Il recense un panel de près de 140 stratégies concrètes, directement applicables. La recherche d'une stratégie y est également dynamique et intuitive, guidée par les priorités de l'entreprise. Chaque action proposée est décrite et illustrée par un cas observé en entreprise.

Afin de susciter une réflexion sur les bénéfices que l'écoconception peut apporter à une entreprise, un questionnaire a également été élaboré : « Eco-potentiel : Mon entreprise vis-à-vis de l'éco-conception ». Au travers d'une dizaine de questions, l'entreprise peut d'une part, identifier quel est son intérêt à se lancer dans une démarche d'écoconception et, d'autre part, évaluer sa maturité (son potentiel) par rapport à la mise en place d'une démarche d'éco-conception.

Enfin, un dernier outil est en voie de finalisation et visera quant à lui à aider les entreprises dans leur sélection d'indicateurs d'impacts environnementaux.

Critères de sélection des outils de l'annuaire FRED				
1 ^{er} niveau	2 ^{ème} niveau	3 ^{ème} niveau	4 ^{ème} niveau	5 ^{ème} niveau
Outils pour sensibiliser le personnel	Sensibiliser en interne	<ul style="list-style-type: none"> • Approches ludiques • Sites web • Guides 		
	Sensibiliser via intervenant externe	Workshop/conférence/colloque/salon Approches ludiques Consultants/organismes		
Outils pour former le personnel	Former à l'écoconception	Former en interne	<ul style="list-style-type: none"> • E-learning • Ouvrages de référence • Normes 	
	Former à l'ACV	Former via intervenant externe	• Formations FRED	
		Former en interne	• E-learning	
Outils pour évaluer votre potentiel d'écoconception	Evaluer en interne	<ul style="list-style-type: none"> • Normes • Autodiagnostic 		
	Via intervenant externe	<ul style="list-style-type: none"> • Normes • Autodiagnostic • diagnostic 		
Outils pour évaluer vos impacts	Impacts environnementaux	Outils gratuits	<ul style="list-style-type: none"> • Résultats quantitatifs multicritères • Résultats quantitatifs monocritères • Résultats qualitatifs multicritères 	
		Outils payants	Niveau de formation pour utiliser l'outil : débutant	<ul style="list-style-type: none"> • Résultats quantitatifs multicritères • Résultats quantitatifs monocritères • Résultats qualitatifs multicritères
			Niveau de formation pour utiliser l'outil : intermédiaire	
	Impacts économiques		Niveau de formation pour utiliser l'outil : expert	• Résultats quantitatifs multicritères
Outils pour trouver une stratégie pour réduire vos impacts	Réduire les impacts sur l'ensemble du cycle de vie	Choix de la phase du cycle de vie		
	Réduire les impacts sur une des phases du cycle de vie			
Outils pour communiquer	<ul style="list-style-type: none"> • Normes • Autres 			

Tableau 2 : Critères de recherche de l'annuaire du projet FRED

3.3. L'accompagnement

Dans le cadre du projet FRED, les entreprises peuvent bénéficier d'un accompagnement pour leur première démarche d'écoconception.

Le point suivant illustre le cas d'une entreprise accompagnée pour la réalisation d'une analyse des impacts environnementaux d'un de ces produits. Une ACV a été réalisée en collaboration avec l'industriel. Les résultats sont détaillés au point suivant. Ils ont été volontairement anonymisés (pour raison de confidentialité) mais sont présentés de manière à mettre en avant les enseignements qu'une entreprise peut retirer d'une ACV lors d'une démarche de (re)conception d'un produit.

4. L'ACV outil support à la reconception d'un produit

Dans le cadre de ses activités R&D, l'entreprise suivie a développé un nouveau modèle pour un de ses produits. Ce nouveau modèle se caractérise, entre autres, par un nombre réduit de composants, un plus faible poids ainsi qu'une diversité de matières premières plus restreinte (fig. 5). L'entreprise a dès lors souhaité obtenir une vision quantitative des impacts environnementaux de ce nouveau modèle par rapport à l'ancien, et valider ses choix de reconception (« éco-reconception ») d'un point de vue environnemental.

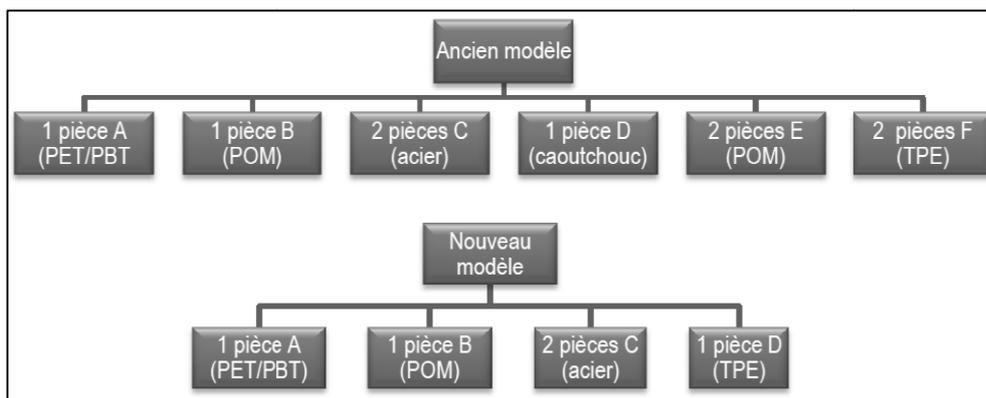


Figure 5 : Nombre de pièces et matières premières principales des deux modèles

Une démarche de type ACV a été proposée à l'entreprise. Ce type d'approche est en effet la plus exhaustive et reconnue pour évaluer les impacts environnementaux d'un produit. Les principales étapes de l'ACV (cfr. normes ISO 14040 et 14044) ont ainsi considérées :

- Définition des objectifs, du champ de l'étude et de l'unité fonctionnelle.
- Analyse de l'inventaire
- Evaluation des impacts.
- Interprétation.

4.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

Cette première étape, avant tout descriptive, est nécessaire à la bonne réalisation de l'ACV. Les choix méthodologiques, l'inventaire ainsi que l'interprétation dépendent des objectifs définis. D'après la norme ISO 14040, la définition des objectifs permet de déterminer de manière précise les points suivants :

- L'application envisagée.
- Les raisons conduisant à la réalisation de l'étude.
- Le public concerné, les personnes auxquelles il est envisagé de communiquer les résultats.
- S'il est prévu que les résultats soient utilisés dans des affirmations comparatives destinées à être divulguées au public.

Dans le cas de l'accompagnement présenté, l'analyse visait à évaluer et à comparer deux modèles d'un même produit. Plus spécifiquement les objectifs de l'analyse comparative étaient :

- D'établir le profil environnemental du CdV des modèles (ancien et nouveau), soit, d'une part, documenter les consommations de matières et d'énergie ainsi que les rejets vers l'environnement, et d'autre part, quantifier les impacts potentiels liés à ces consommations et à ces rejets.
- De valider les choix de reconception de l'entreprise d'un point de vue environnemental.
- D'identifier les points d'amélioration et les paramètres environnementaux clés du CdV des deux alternatives.

A noter que l'analyse n'a pas été soumise à une revue critique (validation par un comité d'experts indépendants) comme le prévoit la norme ISO 14044 pour toute ACV dont les résultats sont destinés à être divulgués vers

le grand public. Les conclusions de l'ACV comparative sont donc destinées à un usage exclusivement interne par l'entreprise.

Dans un deuxième temps, le champ de l'étude a été déterminé. Il reprend plusieurs éléments dont les frontières du système et l'unité fonctionnelle.

Les frontières des systèmes identifient les étapes, processus et flux considérés dans l'étude. Elles doivent inclure :

- toutes les activités pertinentes à l'atteinte des objectifs de l'étude et donc, nécessaires à la réalisation de la fonction étudiée ;
- tous les processus et flux contribuant de manière significative à l'impact environnemental potentiel.

Dans le cas présenté, les frontières du système ont été définies en collaboration avec l'entreprise. Les procédés exclus du périmètre étaient soit, insuffisamment documentés, soit non différenciant entre les deux modèles (fig. 6).

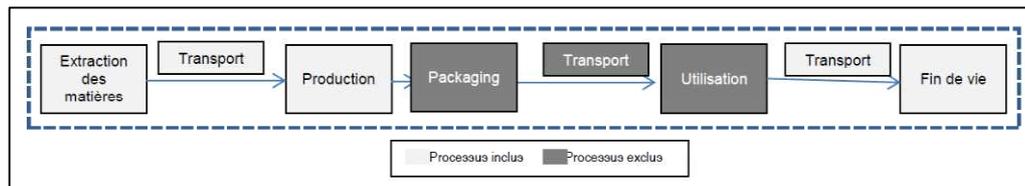


Figure 6 : Frontières du système

L'unité fonctionnelle de l'ACV a ensuite été définie puisque, d'une manière générale, une ACV porte non pas sur un produit mais sur une ou plusieurs fonctions remplies par ce produit. Il convient donc de définir la quantité de produits requise pour remplir la fonction étudiée. L'unité fonctionnelle est une unité de service rendu. Elle doit être mesurable et additive.

Produit	Unité fonctionnelle
Ancien modèle	1 unité (1 pièce) de l'ancien modèle
Nouveau modèle	1 unité (1 pièce) du nouveau modèle

Figure 7 : Unité fonctionnelle

4.2. Analyse de l'inventaire

La réalisation de l'inventaire du CdV consiste à recenser et quantifier les flux entrants et sortants du système étudié. Deux types de données doivent être collectés :

- Données primaires (ou données de premier plan).
- Données secondaires (ou données d'arrière-plan).

Les données primaires caractérisent le système étudié. Elles sont spécifiques, relatives à un échantillon supposé représentatif et généralement fournies par l'industriel.

Etape du cycle de vie	Données primaires nécessaires à collecter
Matière première (produit, emballage...)	Nature, quantité, distance de transport depuis le fournisseur...
Production	Consommation d'énergie (type, quantité), autres consommations, déchets de production (rebuts, copeaux, fluides de coupe...), émissions dans l'air, l'eau, le sol...
Transport	Distances, types de transport (routier, maritime, rail...)
Utilisation/maintenance	Consommables (type, quantité), consommation d'énergie (type, quantité)....
Fin de vie	Traitements en fin de vie : caractérisation des technologies, quantité; déchets d'emballage : traitement en fin de vie, quantité...

Tableau 3 : Données primaires [1]

Les données secondaires concernent les données moyennées ou génériques permettant de représenter des données primaires non directement disponibles. Elles sont recensées dans des bases de données (BD) internationales.

Pour le cas étudié, toutes les données fournies par l'entreprise ont été prises en compte. Les données manquantes, incomplètes ou non facilement accessibles ont été complétées par des hypothèses et des données secondaires. La BD EcoInvent, reconnue par la communauté scientifique internationale, a été privilégiée pour la sélection de données secondaires.

4.3. Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts vise à transformer l'inventaire des flux en une série d'impacts potentiels pour l'environnement. Lorsqu'on parle d'impacts environnementaux, on parle de chaîne de cause à effet, induite par l'émission d'une substance polluante sur différentes cibles. Ces cibles sont

l'air, l'eau et le sol. En bout de chaîne, les impacts environnementaux peuvent affecter trois aires de protection : les ressources naturelles, les écosystèmes et la santé humaine. En fonction des cibles et des aires de protections visées, il existe différents indicateurs d'impacts.

Pour évaluer les performances environnementales des deux modèles étudiés, les indicateurs d'impacts ont été sélectionnés sur base des premières conclusions émanant de l'inventaire. En effet, les données collectées ont mis en évidence que le CdV du produit étudié (nouveau et ancien modèle) se caractérise essentiellement par :

- Une importante consommation de matières premières.
- Un transport de matières premières sur des distances non négligeables.
- L'utilisation d'énergie pour le procédé de fabrication.

Dès lors, les trois indicateurs d'impacts suivants ont été sélectionnés :

- Epuisement des ressources naturelles (potentiellement lié à l'extraction des matières premières)
- Potentiel de réchauffement climatique (suite, entre autres, au dégagement de CO₂ lors des transports)
- Consommation d'énergie (suite, entre autres, à l'utilisation d'énergie électrique en production).

En outre, un indicateur relatif à la santé humaine a aussi été pris en compte, soit un paramètre auquel le grand public est naturellement sensible. Enfin, l'indicateur « toxicité pour les écosystèmes » a également été considéré.

Les flux élémentaires identifiés lors de l'inventaire du CdV, doivent être traduits en unités communes et caractéristiques des catégories d'impacts sélectionnées. Il existe différentes méthodes de caractérisation. Dans le cadre de la présente étude, les méthodes utilisées sont celles recommandées dans l'ILCD Handbook [6], soit l'ouvrage de référence européen en matière d'ACV. Elles sont reprises de manière synthétique dans le tableau suivant :

Catégorie d'impact	Indicateur	Méthodes de caractérisation
Appauvrissement des ressources minérales	kg Sb équivalent	CML2002 model
Changement climatique	kg CO ₂ équivalent	IPCC Global Warming Potentials 100 years
Consommation d'énergie	MI équivalent	Cumulative Energy Demand
Toxicité humaine	Unité toxique comparative pour les humains (CTU _h)	USEtox model
Ecotoxicité	Unité toxique comparative pour les écosystèmes (CTU _e)	USEtox model

Tableau 4 : Méthodes de caractérisation utilisées

4.4. Interprétation des résultats

Compte-tenu des incertitudes liées aux modèles de caractérisation, aux données (primaires et secondaires) et aux hypothèses de toute ACV, les bonnes pratiques dans le domaine fixent à 20% le pourcentage minimum d'écart entre deux scénarios pour qu'ils puissent être qualifiés de significativement différents.

Dans un premier temps, les cycles de vie des deux produits ont été comparés. Les impacts liés à chacun des indicateurs sélectionnés préalablement ont été calculés et ce, via le logiciel d'ACV SimaPro PhD 8.03. Les résultats (fig. 8) sont présentés en pourcentages relatifs par rapport au produit le plus impactant (100%) et ce, pour chacune des catégories d'impacts considérées. Il apparaît que les impacts environnementaux du nouveau modèle sont significativement réduits, comparativement à l'ancien, pour 4 des indicateurs calculés, à savoir :

- La toxicité humaine liée aux effets cancérigènes.
- Le changement climatique.
- L'écotoxicité.
- La demande en énergie.

Pour les autres indicateurs d'impacts (toxicité humaine – effets non cancérigènes et épuisement des ressources minérales), les différences entre les produits ne sont pas significatives.

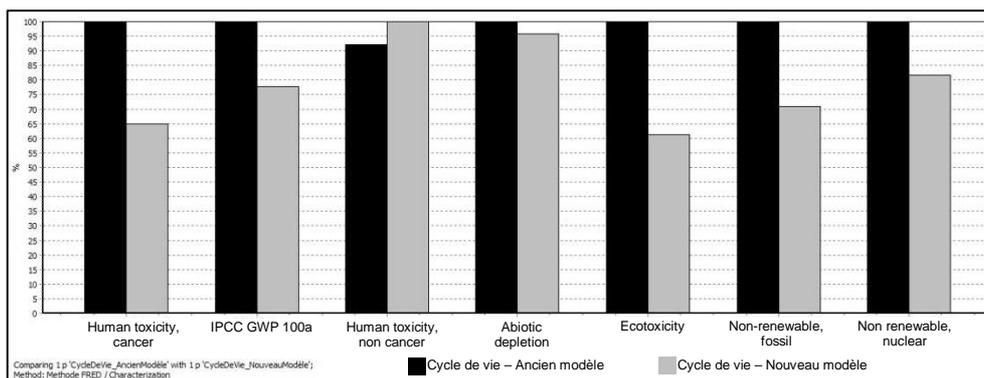


Figure 8 : Comparaison des impacts environnementaux liés aux cycles de vie des deux modèles

Dans un deuxième temps, l'analyse de la contribution respective de chacun des processus intervenant dans le CdV de chacun des deux produits a permis d'expliquer les différences observées, indicateur par indicateur.

Les graphiques ci-dessous présentent les effets cancérigènes potentiels associés aux différents procédés intervenant dans le CdV des deux modèles. Les procédés sont classés par ordre décroissant en termes d'impact sur la santé humaine. On observe que les procédés les plus problématiques sont identiques pour les deux produits. Il s'agit de :

- La réduction du minerai (« *sinter, iron, at plant* »).
- La production de formaldéhyde (« *formaldehyde, production mix, at plant* »).
- La production d'acier (« *steel, electric, un and low allowed, at plant* »).

Dès lors, la baisse significative des impacts pour la santé humaine liés au nouveau produit, comparativement à l'ancien, s'explique par la réduction des quantités d'acier et de polyformaldéhyde utilisées dans le nouveau modèle.

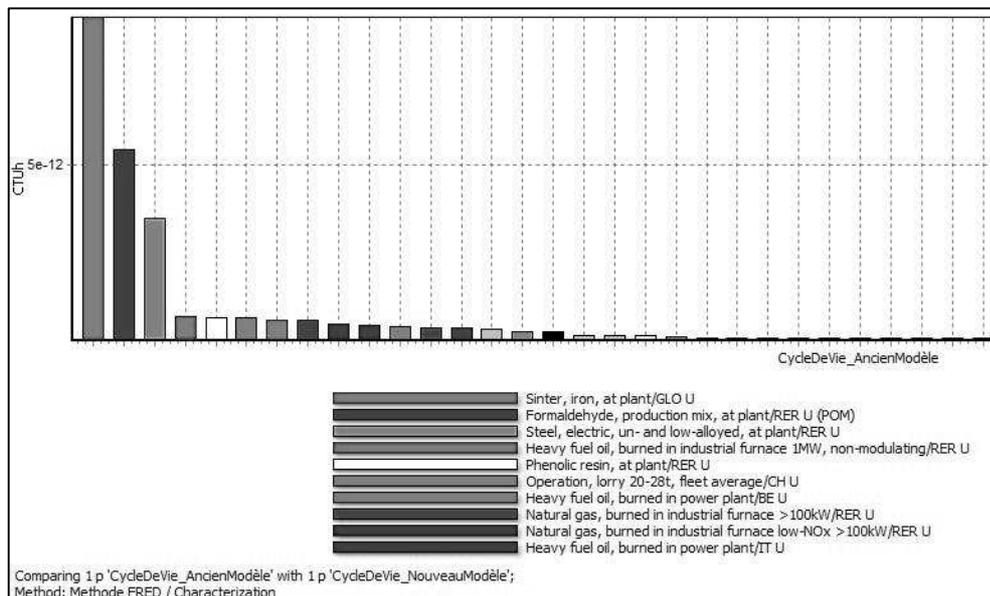


Figure 9 : Procédés du CdV de l'ancien modèle engendrant un impact en termes d'effets cancérigènes pour l'homme (en Unités Toxiques Comparatives – CTUh)

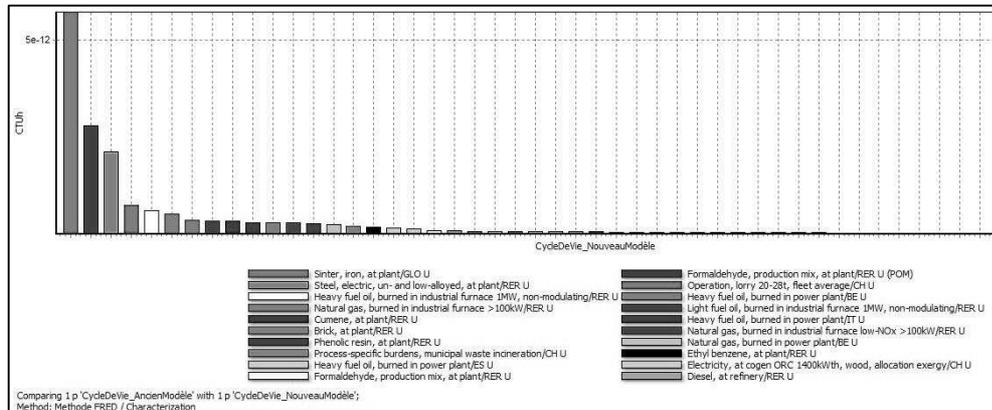


Figure 10 : Procédés du CdV du nouveau modèle engendrant un impact en termes d'effets cancérigènes pour l'homme

Le même raisonnement a été appliqué aux autres indicateurs améliorés. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Indicateur amélioré avec le nouveau modèle	Causes principales de l'amélioration
Réchauffement climatique	<ul style="list-style-type: none"> - La réduction des quantités d'acier utilisées. - La diminution du poids total du nouveau modèle et réduction indirecte des impacts liés au transport ; - La suppression d'une pièce plastique (PP) sur le nouveau modèle.
Ecotoxicité	<ul style="list-style-type: none"> - La suppression d'une pièce constituée en partie d'un mélange de deux TPE (EPDM et PP). Le phénol nécessaire à la fabrication du PP est fortement écotoxique. - La réduction des quantités de polyformaldéhyde utilisées, notamment suite à la suppression d'une pièce. Le méthanol, très écotoxique, est en effet un composant intervenant dans la synthèse du formaldéhyde.
Consommation d'énergie fossile	<ul style="list-style-type: none"> - L'effet indirect de la réduction de masse du nouveau modèle sur l'impact des transports. - La suppression d'une pièce en plastique (PP).

Tableau 5 : Causes principales de l'amélioration de certains indicateurs

Outre la mise en avant des meilleures performances environnementales du nouveau modèle par rapport à l'ancien, pour 4 des indicateurs considérés, l'analyse détaillée des résultats de la modélisation permet également de dégager plusieurs pistes d'optimisation du produit.

Les impacts environnementaux respectifs de chacune des pièces constituant le produit ont ainsi été calculés de manière à mettre en évidence le sous-composant le plus impactant. Dans l'exemple considéré, la pièce D s'avère être la plus problématique pour 6 des 7 indicateurs d'impacts considérés. Une optimisation du nouveau produit devrait dès lors s'envisager prioritairement au niveau de cette pièce D. A noter que les risques pour la santé humaine sont quant à eux plus significativement influencés par la pièce C du produit.

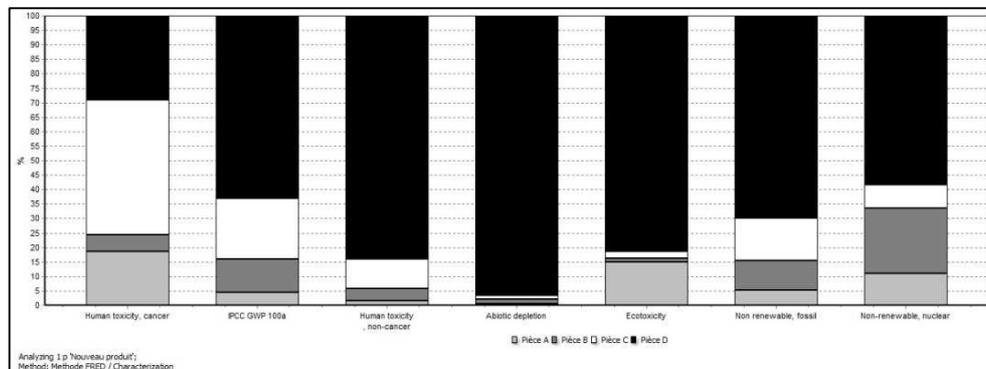


Figure 11 : Impacts environnementaux relatifs des différentes pièces constitutives du produit (nouveau modèle)

Dans le même ordre d'idée, l'analyse détaillée de la pièce D, la plus impactante globalement, permet de mettre en évidence les procédés de son CdV, les plus contributeurs aux impacts sur l'environnement. La fabrication de caoutchouc synthétique, une des matières premières principales de la pièce D, et les transports s'avèrent responsables de la majorité des impacts environnementaux (fig. 11).

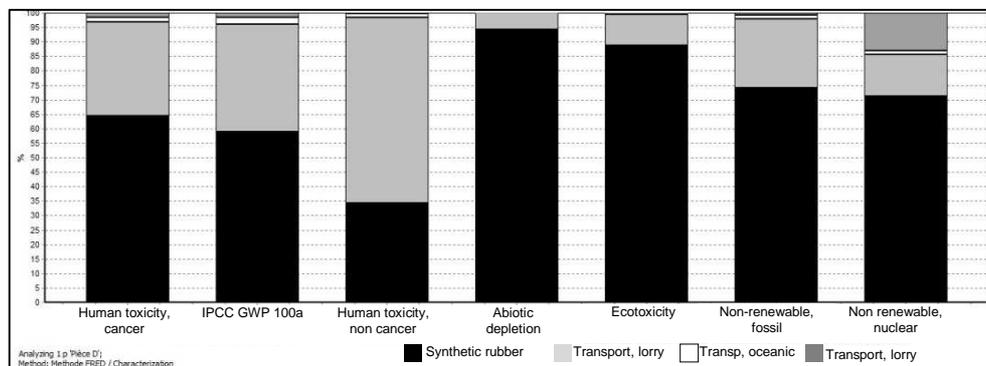


Figure 12 : Impacts environnementaux relatifs des différents procédés liés au CdV de la pièce D (nouveau modèle)

Sur base des considérations qui précèdent, les pistes d'amélioration à privilégier doivent donc être axées préférentiellement sur la réduction de la quantité de caoutchouc utilisée et/ou la réduction des transports par route. Les différentes simulations réalisées à l'aide du logiciel SimaPro ont montré que ces diminutions (caoutchouc et/ou transport) devraient cependant être conséquentes (>30%) pour engendrer une réduction significative des impacts environnementaux à l'échelle du CdV du nouveau produit. Ces recommandations théoriques sont incompatibles avec les contraintes techniques du produit et la réalité économique de l'entreprise.

Dès lors, des simulations reflétant l'impact de mesures couplées ont été effectuées. L'exemple de la figure 13 illustre les effets d'une utilisation d'acier recyclé pour la pièce C couplée à une réduction des distances de transport de 20%. Il apparaît que le nouveau modèle peut donc encore être amélioré en termes d'impacts environnementaux. Les mesures couplées proposées permettent de réduire significativement l'impact sur le réchauffement climatique.

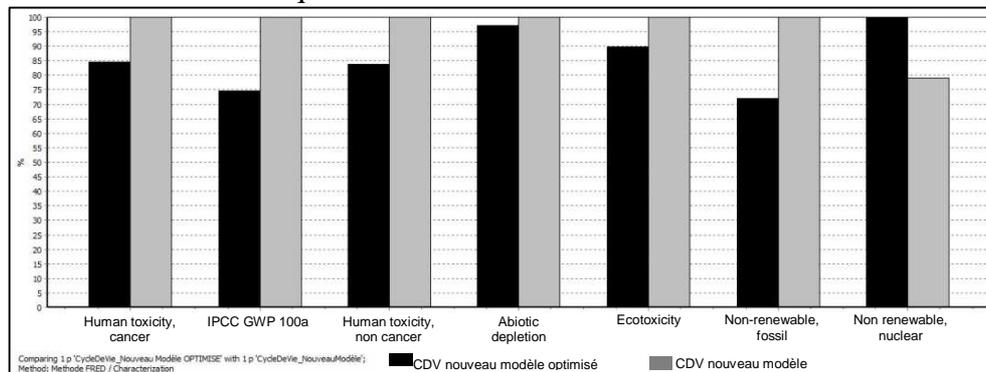


Figure 13 : Impacts environnementaux relatifs aux CdV du nouveau modèle et du nouveau modèle optimisé avec des mesures couplées

5. Conclusion

L'approche ACV proposée à l'entreprise a permis de quantifier les impacts environnementaux de son nouveau modèle de produit. La réduction, suite à la réconception, des impacts pour l'environnement pour 4 des 7 indicateurs étudiés, a également pu être démontrée.

En identifiant les points faibles liés aux matières premières et/ou procédés de fabrication du nouveau produit, l'approche ACV a également permis d'identifier plusieurs pistes d'optimisation pour parfaire les performances environnementales du produit.

6. Glossaire

ACV	Analyse de cycle de vie
BD	Base de données
CdV	Cycle de vie
FRED	Fabrication Rapide et Eco-Design
IPD	Institut de Développement de Produits (Québec)
ILCD	The International Reference Life Cycle Data System
PBT	Poly-butylène
PET	Polyéthylène
POM	Poly-oxy-méthylène = formaldéhyde
PP	Polypropylène
TPE	Thermoplastique élastomère

7. Sources

- [1] HESLOUIN C. *et al.*, *FRED – Module de formation – Analyse du cycle de vie*, 2014, 84p.
- [2] FRED (consulté en septembre 2014)
<http://www.interreg-fred.eu/projet/theme/>
- [3] JOLLIET O. *et al.*, *Analyse du cycle de vie – Comprendre et réaliser un écobilan*, 2^{ème} édition, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2012, 302 p.
- [4] HANED N. *et al.* (2014), *La profitabilité de l'écoconception – Une analyse économique – Janvier 2014*, 56p.
Adresse URL : http://www.presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2014/04/Rapport_Profitabilit%C3%A9-EC-2014_Web.pdf
- [5] BELLINI B., JANIN M., *Ecoconception : état de l'art des outils disponibles*, Techniques de l'ingénieur, G6010v2, 2011, 35p.
- [6] EUROPEAN COMMISSION – JRC, *ILCD Handbook – Recommendations for life cycle impact assessment in the european context*. 1st édition, Luxembourg, Office of the European Union, 2011, 159p.