



Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/12054>

To cite this version :

Charlotte HESLOUIN, Véronique PERROT BERNARDET, Alain CORNIER, Nicolas PERRY -
Méthode orientée acteurs de la chaîne de valeur pour la sélection d'indicateurs de performances
environnementales - In: 15ème Colloque national Concevoir et produire dans les industries du
futur, France, 2017-04 - Actes du 15ème colloque national AIP Primeca Concevoir et produire
dans les industries du futur - 2017

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : scienceouverte@ensam.eu



Méthode orientée acteurs de la chaîne de valeur pour la sélection d'indicateurs de performances environnementales.

Charlotte Heslouin

Arts et Métiers Paristech I2M, UMR 5295, F-33400
Talence, France

Arts et Métiers Paristech, Institut de Chambéry, 4 rue du lac
majeur, 73370 Le Bourget-du-Lac, France
charlotte.heslouin@ensam.eu

Nicolas Perry

Arts et Métiers Paristech I2M, UMR 5295, F-33400
Talence, France
nicolas.perry@ensam.eu

Véronique Pernot-Bernardet

Arts et Métiers Paristech, Institut de Chambéry, 4 rue du lac
majeur, 73370 Le Bourget-du-Lac, France
veronique.pernot-bernardet@ensam.eu

Cornier Alain

Arts et Métiers Paristech, Institut de Chambéry, 4 rue du lac
majeur, 73370 Le Bourget-du-Lac, France
alain.cornier@ensam.eu

Résumé— *L'écoconception est une approche visant à réduire les impacts environnementaux des produits. Elle est basée sur l'évaluation et l'amélioration des performances environnementales. Afin de justifier des choix d'écoconception, il est nécessaire d'utiliser des indicateurs pour suivre les performances environnementales et s'assurer des potentiels bénéfiques des choix pris. Il existe déjà plusieurs méthodes de sélection des indicateurs de performances environnementales. Pour la plupart, elles mettent en avant l'importance des besoins des utilisateurs dans le choix des indicateurs. Cependant aucune d'entre elles n'explique clairement qui sont les utilisateurs, quels sont leurs besoins et quel type d'indicateurs peuvent être utilisés dans le cadre d'une approche d'écoconception. Cet article se concentre sur les besoins des utilisateurs et propose une méthode pour la sélection d'indicateurs de performances environnementales.*

Mots-clés— *Acteurs, Indicateurs de performances environnementales, Ecoconception, Méthode de sélection.*

I. INTRODUCTION

L'écoconception est une approche de développement de produit basée sur l'évaluation des impacts environnementaux des produits tout au long du cycle de vie (de l'extraction des matières premières à la gestion en fin de vie, en incluant l'usage et le transport), puis sur la mise en place de stratégies d'amélioration pour réduire les impacts environnementaux. Cette approche implique la participation de tous les services de l'entreprise ainsi que tous les acteurs de la chaîne de valeur. Le cadre de cette méthode est défini par la norme ISO 14062 [1]. La plupart du temps, l'évaluation environnementale est basée sur des indicateurs tel que le changement climatique, l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'écotoxicité, l'eutrophisation, etc. Leur suivi permet de justifier des choix d'écoconception et d'assurer leurs potentiels bénéfiques. De plus, cela permet d'éviter les transferts de pollution ou au moins de les arbitrer. L'une des méthodes la plus utilisée pour évaluer les indicateurs d'impacts environnementaux est l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), une méthode normalisée par

l'ISO 14040 [2] et l'ISO 14044 [3]. Mais l'ACV est un outil d'expert [4] et les indicateurs environnementaux utilisés peuvent être difficiles à comprendre et à interpréter par les différents acteurs de l'entreprise (les dirigeants, les concepteurs, les acheteurs) mais aussi par les parties prenantes externes (les investisseurs, les fournisseurs, les clients, les utilisateurs finaux etc.). Afin de remédier à cette problématique, les Indicateurs de Performances Environnementales (IPE) sont devenus de plus en plus présents dans les entreprises [5]. Ces indicateurs donnent des informations sur les performances environnementales de l'entreprise [6]. Les IPE donnent notamment des informations pour mesurer les impacts environnementaux à l'instant « t », ainsi que sur l'influence (négative ou positive) des actions mises en place. Leur fonction majeure est de donner des informations simplifiées, mais leur signification est souvent plus importante que ce que l'on peut observer [7]. Les IPE sont simples à utiliser par les acteurs de l'entreprise. Ils sont également plus faciles à communiquer aux parties prenantes. Il existe différents types d'IPE. Les trois principaux sont : i) les indicateurs de performance du management tel que le pourcentage d'employés formés aux problématiques environnementales ; ii) les indicateurs de performances opérationnelles telle que la quantité de matériaux recyclables par unité produite ; et iii) les indicateurs de condition environnementale comme la concentration d'un contaminant spécifique dans l'air ambiant [6]. Dans le cas des approches d'écoconception, les indicateurs de performances opérationnelles sont les IPE les plus intéressants, bien que les deux autres catégories puissent également être utilisées. Actuellement, il existe une grande variété d'IPE. Issa & al. [8] en référence par exemple plus de 260 en lien direct avec l'écoconception. La bonne sélection des IPE est citée comme un facteur de succès pour le développement de l'écoconception dans les entreprises [8,9]. Les IPE aident à identifier les cibles environnementales puis à faire des améliorations en relation avec les objectifs environnementaux.

Plusieurs méthodes et cadres ont été identifiés dans la sélection des IPE [7-8, 10-19]. La plupart du temps, ces méthodes sont basées sur l'amélioration d'objectifs environnementaux, le contexte du produit et son environnement. Le contexte inclut les réglementations applicables, les problématiques du secteur, la stratégie d'entreprise, les aspects environnementaux des produits, l'échelle spatiale et temporelle de l'analyse, etc. La majorité des méthodes de sélection des IPE, pour l'écoconception ou le management environnemental, mettent en lumière que les besoins des utilisateurs doivent être pris en compte dans la définition des IPE. Néanmoins, dans aucune de ces méthodes, les utilisateurs, leurs besoins et le type d'indicateurs à utiliser ne sont explicitement indiqués. Dans ces méthodes, un jeu d'indicateur est défini pour répondre à toute problématique environnementale et est le même pour tous les utilisateurs. Cela peut conduire à une grande quantité d'IPE, au lieu d'en mettre à disposition seulement quelques-uns comme recommandé par de nombreuses méthodes. En effet, plus il y a d'IPE et plus la prise de décision sera difficile. Le jeu d'indicateurs retenus doit être le plus petit possible [20] et spécifique à chaque utilisateur [21]. De plus, les acteurs internes et externes de l'entreprise ont des besoins différents en termes de communication, ce qui peut conduire à des conflits dans le choix des indicateurs [22]. Quelques études essaient de prendre en considération la fonction des IPE pour chaque utilisateur, mais ne sont pas orientées développement de produits et ne prennent pas en compte tous les types d'utilisateurs [23]. Dans d'autres domaines que l'environnement, l'Agence International de l'Energie Atomique [24] propose également de prendre en compte les exigences des utilisateurs, mais les utilisateurs représentés ne sont pas impliqués dans des projets d'écoconception.

II. REVUE DES METHODES EXISTANTES

Il existe déjà des méthodes de sélection des IPE. Les méthodes les plus intéressantes, en lien avec le cadre des travaux développés ici, sont présentées dans le Tableau 1, avec leurs caractéristiques, leurs avantages et désavantages. Le tableau met aussi en avant si la méthode est orientée développement de produit pour l'approche d'écoconception et si les auteurs considèrent les besoins des utilisateurs dans la sélection des IPE.

Ce bilan montre qu'aucune de ces méthodes ne donnent des informations sur les besoins des utilisateurs et le genre d'indicateur qui peut être utilisé. La majorité des méthodes orientées produits ne mentionnent pas cette information. En effet, aucune méthode ne répond simultanément à l'approche produit et à la prise en compte de l'utilisateur. Cet article a donc pour objectif de combler un manque dans la littérature à propos des besoins en termes d'indicateurs en fonction des différents besoins des différents utilisateurs (internes et externes) dans le cadre d'une approche orientée produit. La littérature est principalement concentrée sur la définition d'un seul jeu d'indicateur pour toute l'entreprise ou une famille de produit qui doit prendre en considération toutes les problématiques environnementales majeures et prendre en considération tous les besoins des utilisateurs si possible.

III. PROPOSITION D'UNE METHODE CENTREE SUR LES ACTEURS

La méthode a pour but d'aider à l'identification des IPE pour suivre les performances environnementales dans le développement de produit pour tous les acteurs impliqués. La méthode proposée est basée sur 4 étapes (Figure 1). La première étape est la même que dans la méthode existante basée sur l'amélioration des objectifs environnementaux [8], [10]. Les problématiques environnementales du produit et son contexte doivent être bien connus pour définir les objectifs d'amélioration environnementale. La seconde étape consiste à définir les acteurs (internes et externes) et de comprendre leurs besoins et objectifs à l'utilisation des IPE. La troisième étape permet de sélectionner des indicateurs spécifiques à chaque acteur et la dernière étape à combiner ces indicateurs pour l'entreprise en général.

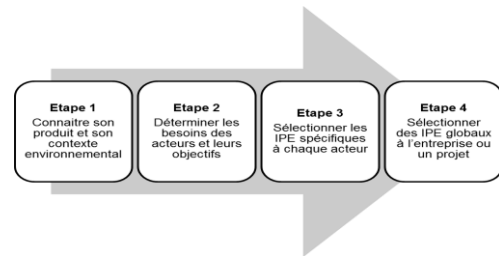


Figure 1. METHODE DES SELECTION DES IPE

A. Etape 1 : Connaître son produit et son contexte environnemental

La première étape nécessite de connaître son produit, son contexte et ses problématiques environnementales :

- Connaissance sur les problématiques environnementales du produit tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières au traitement en fin de vie, par la réalisation d'une ACV ou autres outils d'analyses environnementales. La méthode normée de l'ACV [2, 3], est fortement recommandée, car il s'agit de la méthode la plus complète pour la réalisation d'une ACV. Cependant, comme mentionné précédemment, il s'agit d'un outil expert, donc, n'importe quels outils d'analyses environnementales spécifiques à un secteur, ou d'autres outils simplifiés peuvent être utilisés. Le but de cette étape est d'avoir une analyse qui permet d'identifier toutes les problématiques environnementales tout au long du cycle de vie et les aspects environnementaux. Ce point permet d'identifier les objectifs d'améliorations environnementales et de concentrer le choix des IPE sur les problématiques majeures.

- Connaissance sur les réglementations applicables, le secteur et les impacts spatiaux et temporels considérés. Cette étape permettra aux entreprises de bien connaître le contexte environnemental de leurs produits et de leur secteur, et de prioriser les objectifs d'améliorations environnementales. Cette phase aidera aussi les entreprises à s'assurer de ne pas avoir oublié des problématiques environnementales majeures du secteur lors de l'étape précédente.

Par exemple, si les résultats de l'ACV montrent que la problématique majeure de l'entreprise est la consommation d'énergie de la phase d'utilisation de leurs produits, leurs objectifs d'écoconception devront se concentrer sur les

comportements des utilisateurs et l'efficacité énergétique de leur produit (impliquant les fournisseurs, étant donné que les fournisseurs sont de plus en plus intégrés dans le développement de produit de leurs clients [25]).

Autre exemple, si le problème majeur est l'utilisation de substances ou matières toxiques, leurs objectifs d'écoconception devront se concentrer sur la phase industrielle et le choix de composants et de matériaux. Cela aidera à déterminer des indicateurs et objectifs pour les utilisateurs. Dans le premier exemple, les acteurs de fin de vie ne sont pas importants. Alors, que dans le second exemple, les acteurs des filières de fin de vie doivent avoir des IPE spécifiques, car ils

sont en lien direct avec le traitement des substances/matières toxiques.

Cette première étape est inspirée des méthodes existantes basées sur les objectifs d'améliorations environnementales [8]. Cette étape n'est pas facile et exige du temps, mais est très utile pour prioriser les objectifs d'améliorations environnementales et déterminer l'ensemble des indicateurs pour chaque utilisateur. Ces objectifs doivent être définis en fonction des aspects environnementaux majeurs et des phases de cycle de vie de produits. Le suivi des IPE liés avec cette analyse aidera à éviter des transferts de pollution.

Méthodes sélectionnées	Description	Approche orientée produit	Considère les besoins des utilisateurs
Modèle Pression-Etat-Réponse ou Force-Etat-Réponse [7], [14], [19]	Utilise les chaînes de causalité et propose de sélectionner les indicateurs à partir des nœuds clés [14] + Prend en considération les interrelations entre les indicateurs - Ne prend pas en compte le secteur et les réglementations et il est parfois difficile d'évaluer les chaînes de causalité		X
Amélioration des objectifs environnementaux [8], [10]	+ Implémentation des IPE dans le processus de développement de produit par la collecte de données, la mesure des IPE et le suivi des résultats de performance. Puis définition des actions pour améliorer les performances des produits. + Sélection des IPE en fonction des étapes du cycle de vie, les aspects environnementaux et le type de mesure [8] + Choisir des IPE spécifiques pour l'entreprise, non contenu dans la base de données - La définition des priorités environnementales et des objectifs implique des connaissances au préalable sur le produit et son contexte et la priorisation des objectifs d'amélioration	X	
Sondage d'experts [11], [12], [13]	+ Poids des indicateurs choisis par les experts environnementaux, les experts du produit et d'autres experts d'autres domaines à partir d'une présélection d'indicateurs - Influence potentielle des experts de par leurs propres aprioris		X
Sondage dans l'entreprise [15]	Proche du sondage des experts, mais ici il y a une première analyse de l'entreprise et des objectifs environnementaux, puis des acteurs stratégiques de l'entreprise sont sélectionnés. Après, un sondage est réalisé auprès de ces acteurs afin de définir la meilleure stratégie environnementale pour l'entreprise et le jeu d'indicateurs associé.		X
Système de management environnemental orienté produit [16]	Sélection des IPE sur trois niveaux : secteur (indicateurs généraux), entreprise (basés sur la politique environnementale de l'entreprise), et produit/projet (lié à l'implémentation de l'écoconception)	X	
Approche par tableau de bord prospectif [17]	+ Lie les performances environnementales avec les objectifs stratégiques de l'entreprise + Utilise une méthode connue d'un autre domaine de l'entreprise - Non lié au développement de produit		
Considération des parties prenantes [18]	Identification des impacts environnementaux pour définir les indicateurs + intégration des parties prenantes dans la sélection des IPE, et les indicateurs doivent être utiles aux parties prenantes internes et externes		X

+ : avantages de la méthode ; - : désavantages de la méthode

Tableau 1. REVUE DES METHODES EXISTANTES

B. Etape 2 : Déterminez les besoins des acteurs et leurs objectifs

La deuxième étape sert à déterminer quels acteurs utiliseront les IPE et dans quels buts. Premièrement, les acteurs doivent être identifiés. Les acteurs peuvent être des acteurs internes et externes à l'entreprise. Le tableau 2 liste les différents acteurs qui peuvent être impliqués dans la mise en œuvre de l'écoconception tout au long de la chaîne de valeur. Secondement, les besoins de chaque acteur doivent être définis. Les outils habituels d'analyse des besoins peuvent être utilisés (enquêtes, matrice SWOT...).

Les acteurs internes utiliseront des IPE pour suivre les améliorations environnementales du développement de produit et choisir des alternatives de conception. Ils utiliseront aussi les IPE pour suivre la performance globale de l'entreprise et communiquer les performances environnementales aux acteurs externes. Les acteurs externes utiliseront les IPE pour avoir des informations environnementales sur le produit pour faire des

choix informés, et améliorer la performance environnementale par eux-mêmes. Le tableau 2 récapitule quelques exemples des besoins de chaque acteur. Ce tableau n'est pas exhaustif. Dans ce tableau les utilisateurs sont un type d'acteur, il s'agit de l'utilisateur final (effectif) du produit. Les clients sont les acheteurs produits, il ne s'agit pas forcément des utilisateurs finaux. Cela est notamment le cas lorsque le produit doit s'intégrer dans un autre système.

C. Etape 3 : Choix des IPE spécifiques aux différents acteurs.

Les résultats de cette étape sont un jeu d'indicateurs pour chaque acteur en réponse aux besoins et objectifs définis ci-dessus. Plusieurs critères doivent être pris en compte lors du choix des IPE, y compris les critères de la norme ISO 14031 [6] : pertinence, exhaustivité, cohérence, exactitude et transparence. L'IPE doit être utilisé par les acteurs et leur être utile, fondé scientifiquement, et doit montrer la tendance d'évolution des résultats. Les indicateurs doivent être indépendants les uns des autres. Les acteurs impliqués dans

le processus de développement de produits ou dans le cycle de vie de produit auront des indicateurs technologiques qui sont plus quantitatifs. Leurs IPE doivent être techniquement liés avec les spécifications du produit comme le poids, la composition matière, la consommation d'énergie, le taux de recyclabilité, etc. Les indicateurs pour les acteurs impliqués

dans la gestion de l'entreprise et des projets seront plus qualitatifs et liés avec la performance globale de l'entreprise à différentes échelles, et avec le secteur, la réglementation, etc... Pour les décideurs et les parties prenantes externes comme les investisseurs/l'état, les IPE seront des indicateurs plus

	Acteurs	Exemples de besoins	Type d'IPE
Interne à l'entreprise	Preneurs de décisions**	Suivre les performances environnementales de l'entreprise par rapport aux objectifs environnementaux [23] Avoir des informations pour prendre des décisions sur la stratégie environnementale de l'entreprise Communiquer les performances environnementales aux parties prenantes [23] Donner des retours d'informations pour informer et motiver les forces de travail [23] Donner des objectifs de performances environnementales	kg CO ₂ par an du aux activités de l'entreprise kg de CO ₂ sauvés par an du aux efforts des forces de travail. kg de déchets générés par an du aux activités de l'entreprise Nombre de nouveaux produits avec une approche d'écoconception Consommation énergétique globale de l'usine par an
	Service R&D*	Suivre les bénéfices potentiels des innovations environnementales	Empreinte environnementale globale du produit Efficacité énergétique du produit Durée de vie du produit
	Concepteurs / ingénieurs*	Suivre les performances environnementales des produits tout au long du cycle de de vie Identifier des stratégies d'écoconception	kg de matériaux problématiques par rapport au poids total Durée de vie du produit Poids des emballages par rapport au poids total
	HSE / environnement*	Suivre les pollutions de l'air, de l'eau et du sol Suivre les résultats des ACV	Changement climatique Appauvrissement de la couche d'ozone Degré de conformité avec les réglementation environnementales
	Marketing**	Identifier des nouvelles opportunités de marché [23] Défendre sa position sur le marché [23]	% de concurrents avec des déclarations environnementales Empreinte environnementale du produit Conformité avec les réglementations environnementales
	Achats*	Echanger des informations avec les fournisseurs Donner des informations sur les performances environnementales des fournisseurs	Nombre de fournisseurs avec des exigences environnementales Nombre de fournisseurs avec une approche d'écoconception kg de matériaux problématiques par rapport au poids total du composant fourni
	Qualité*	Suivre les exigences de l'entreprise envers les fournisseurs	Nombre de produits retournés à cause de casse Nombre de fournisseurs avec un système de management environnemental % de fournisseurs non conformes
	Après vente*	Suivre les exigences des clients/utilisateurs finaux	Nombre de clients avec des exigences environnementales Nombre de clients avec des exigences sur les pratiques d'utilisation Nombre de clients formés à une utilisation durable
Externe à l'entreprise	Production*	Suivre les performances environnementales liées à la production	Kg de déchets générés Energie consommée pour le fabrication d'un produit Kg de polluants atmosphériques par produit
	Fournisseurs*	Echanger des informations avec l'entreprise pour améliorer les impacts environnementaux des composants [23] Donner des informations à propos des performances environnementales des produits	Energie consommée par composant produit % de matériaux problématiques par rapport au poids total du composant CO ₂ équivalent par composant s produits.
	Clients/ utilisateurs*	Avoir des informations à propos des performances environnementales des produits [23] Suivre leur propre impacts environnementaux pendant l'utilisation Aide pour choisir entre différents produits	Energie consommée spécifique à l'utilisateur Label énergétique CO ₂ sauvée par l'application d'un comportement durable pendant une période Bruit
	Acteurs de la chaine de fin de vie*	Informations sur le traitement en fin de vie Donner des informations aux entreprises	Temps de désassemblage % de recyclabilité Matériaux non compatibles pour le recyclage Kg de substances dangereuses dans le produit
	Investisseurs / Etat**...	Avoir des informations à propos des performances environnementales S'assurer de la conformité réglementaire [23] Peut indiquer les obligations environnementales pouvant affecter les performances financières de la compagnie [23] Développer une base de données utile pour le développement et l'implantation de politiques environnementales [23]	Degré de conformité avec les réglementations environnementales Empreinte CO ₂ de l'activité annuelle Empreinte eau de l'activité annuelle

* impliqué dans le processus de développement de produit ou le cycle de vie du produit (indicateurs spécifiques)

** impliqué dans le management (indicateurs macroscopiques)

Tableau 2. BESOINS DES ACTEURS ET TYPE D'IPE POUR L'APPROCHE D'ECOCONCEPTION

macroscopiques et montreront la performance globale de l'entreprise. L'IPE n'est pas spécifique à un produit ou à une solution technologique. Pour être plus précis, les points suivants indiquent pour chaque acteur les caractéristiques de

leurs EPI. Il s'agit de caractéristiques particulières à développer, il est cependant nécessaire de sensibiliser tous les acteurs de la chaîne de valeur aux problématiques globales et à toutes les étapes du cycle de vie afin d'avoir une démarche la plus globale possible.

- Pour le service de R&D, les indicateurs ne devront pas être en lien avec une solution technologique. Les IPE doivent être liés avec une fonction donnée pour montrer le bénéfice environnemental potentiel des innovations.
- Pour le concepteur/l'ingénieur, les IPE doivent être directement liés avec une solution technologique. Ils doivent prendre en compte toutes les phases de cycle de vie du produit.
- Pour le service HSE / environnement / l'expert de l'ACV, les IPE doivent être liés à la pollution de l'air, l'eau, et des sols et les impacts sur l'environnement qui peuvent être locaux ou mondiaux comme utilisés dans l'ACV par exemple.
- Pour le marketing, les IPE doivent montrer les avantages comparés aux concurrents.
- Pour les acheteurs, les IPE doivent être liés avec les fournisseurs et leur performance environnementale.
- Pour le service qualité, les IPE doivent être liés avec la performance technique du produit et le respect de contraintes environnementales données aux fournisseurs.
- Pour le service après-vente, les IPE doivent être liés avec l'utilisation du produit.
- Pour la production, les IPE doivent être directement liés avec la performance environnementale de l'usine de production mais pas d'autres installations d'entreprise.
- Pour des fournisseurs, les IPE doivent donner des informations sur la performance environnementale. Ils sont liés avec l'aspect technologique et l'aspect de management.
- Pour des Clients/Utilisateurs finaux, les IPE doivent être liés avec leur propre utilisation et l'influence qu'ils peuvent avoir par leur choix.
- Pour les acteurs de fin de vie, les IPE doivent être liés avec les matériaux utilisés et le traitement en fin de vie.

Le tableau 2 récapitule quelques exemples d'IPE qui peuvent être utilisés par chaque acteur selon leurs propres besoins. Comme mentionné précédemment, il y a beaucoup d'IPE. Le tableau n'est pas exhaustif. D'autres exemples peuvent être trouvés dans d'autres littératures scientifiques [8], [26], [27]. Le nombre d'IPE choisi pour chaque acteur dépendra du cas, mais beaucoup d'indicateurs peuvent être difficile à gérer. L'ensemble des indicateurs doivent être aussi petit que possible [20]. Il est aussi important d'envisager un jeu général d'indicateurs pour l'entreprise et/ou pour chaque famille de produit afin de communiquer la performance environnementale comme dans les méthodes existantes. Le jeu général sera défini pour répondre aux questions de contexte (principalement réglementaire, du secteur et des attentes des clients/utilisateurs) et aussi aux problématiques environnementales majeures analysées dans la première étape.

Pour un même objectif d'écoconception, par exemple, réduire la consommation d'énergie de la phase d'utilisation, chaque acteur impliqué aura des indicateurs différents. Cela peut être la consommation d'énergie annuelle réelle pour les utilisateurs finaux, le coefficient de performance pour les concepteurs, l'indicateur d'épuisement de ressources fossiles pour l'expert ACV, etc.

D. Etape 4 : Choix des EPI globaux pour l'entreprise / le projet

Même si chaque acteur doit avoir un jeu spécifique d'indicateurs, ces jeux d'IPE devraient être corrélés pour aider à choisir la meilleure solution durable dans le développement de produits et communiquer des informations globales. Pour cela, chaque acteur doit partager le contexte et le cadre de leurs besoins et trouver la meilleure solution par un compromis gagnant-gagnant. Le résultat est la création de deux jeux d'indicateurs globaux pour l'entreprise ou pour un projet : i) un jeu lié au développement de produits utile pour comparer la solution alternative ou suivre les améliorations potentielles; ii) un jeu spécifique pour le management environnemental de l'entreprise et la communication externe. Comme mentionné précédemment, les besoins internes et externes peuvent être en conflit d'où le besoin deux jeux d'indicateurs [22].

- Pour le jeu d'indicateurs liés avec le développement de produits, les besoins différents de chaque acteur doivent être pris en considération, ainsi que les problématiques environnementales majeures. Des liens doivent être trouvés entre les informations données par chaque jeu d'indicateurs spécifique à chaque acteur. Par exemple : le nombre de retour de produit à cause d'une panne peut être un indicateur du service qualité ; le service R&D peut avoir un indicateur de fiabilité de la technologie ; la durée de vie d'un composant peut être un indicateur de concepteur / ingénieur. Ces IPE peuvent mener à un indicateur global qui peut être la durée de la vie du produit.
- Pour le jeu d'indicateurs liés avec le management/communication, il doit donner des informations sur la stratégie environnementale de l'entreprise (exemple, le nombre de produits écoconçus) et des indicateurs clés de performance pour assurer les besoins des utilisateurs externes (exemple, émissions de CO₂ annuelles liées aux activités de l'entreprise).

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les méthodes de sélection existantes peuvent être utiles, mais généralement mentionnent juste de prendre les besoins des utilisateurs dans le choix des indicateurs. Mais elles ne donnent pas d'informations détaillées pour spécifier quels sont les besoins et le type des indicateurs qui peuvent être utilisés. Il est reconnu que la bonne sélection des IPE et leur adaptabilité aux différents utilisateurs est essentielle pour une mise en œuvre de stratégies d'écoconception performantes. La contribution principale de ce travail est de proposer de combiner les méthodes de sélection d'IPE existantes et de prendre en considération les besoins des différents utilisateurs dans la sélection des indicateurs. C'est en opposition aux méthodes existantes qui consistent à déterminer un seul jeu d'indicateurs. Notre méthode prend en considération les besoins de tous les utilisateurs. Ici, chaque utilisateur devrait avoir un

jeu personnel d'indicateurs pour gérer et améliorer la performance environnementale. Pour plusieurs acteurs, les IPE peuvent être identiques ou dépendants. Un outil doit être construit pour permettre la communication d'informations entre les services de l'entreprise et pour calculer et lier les IPE de tous les acteurs. L'outil peut être aussi utilisé pour calculer des indicateurs globaux à partir des données des indicateurs individuels en utilisant des routines mathématiques. De plus, cela peut être difficile pour des acteurs différents traitant avec ce système (les concepteurs, les acheteurs, les utilisateurs) de gérer beaucoup d'indicateurs, particulièrement quand ils doivent faire un choix entre plusieurs solutions. Chacun a ses propres objectifs et des niveaux de besoins différents dans le détail de l'indicateur. Pour gérer cet aspect, un travail futur devra porter sur la gestion du multicritère pour améliorer la performance environnementale globale des produits. L'analyse multicritères devra être facile à appliquer. De plus, l'adaptation (la limitation) des indicateurs, en fonction du point de vue, sera définie pour concevoir un tableau de bord efficace.

V. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Carrier Transicold pour leur soutien financier et les améliorations faites dans ce papier.

VI. REFERENCES

- [1] ISO 14062. Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development. ISO standard; 2002.
- [2] ISO 14040. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO standard; 2006.
- [3] ISO 14044. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. ISO standard; 2006.
- [4] MILLET, D., BISTAGNINO, L., LANZAVECCHIA, C., CAMOUS, R., POLDMA, T. Does the potential of the use of LCA match the design team needs? *Journal of Cleaner Production*, vol 15, 2005, pp. 335-346.
- [5] AZZONE, G., NOCI, G. Defining environmental performance indicators: An integrated framework. *Business Strategy and the Environment*, Vol 5, 1996, pp. 69-80.
- [6] ISO 14031. Environmental management – Environmental performance evaluation - Guidelines. ISO standard; 2013.
- [7] SMEETS, E., WETERINGS, R. Environmental indicators: Typology and overview. Technical report No 25. European Environment Agency. Copenhagen, 1999.
- [8] ISSA, I. I., PIGOSSO, D.C.A., MCALOONE, T.C., ROZENFELD, H. Leading product-related environmental performance indicators: a selection guide and database. *Journal of Cleaner Production*, Vol 108, 2015, pp. 321-330.
- [9] WAGNER, E., BENECKE, S., WINZER, J., NISSEN, N.F., LANG, K.D. Evaluation of indicators supporting the sustainable design of electronic systems. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Decoupling Growth from Resource Use. *Procedia CIRP*, vol 40, 2016, pp. 469-474.
- [10] CAEIRO, S., RAMOS, T.B., HUISINGH, D. Procedures and criteria to develop and evaluate household sustainable consumption indicators. *Journal of Cleaner Production*, vol 27, 2012, pp. 72-91.
- [11] DONNELLY, A., JONES, M., O'MAHONY, T., BYRNE, G. Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, vol 27, 2007, pp.161-175.
- [12] KINDERYTE, L. Methodology of sustainability indicators determination for enterprise assessment. *Environmental Research, Engineering and Management*, vol 2(52), 2010, pp. 25-31;
- [13] PUIG, M., WOOLRIDGE, C., DARBRA, R.M. Identification and selection of environmental performance indicators for sustainable port development. *Marine Pollution Bulletin*, vol 81, 2014, pp. 124-130.
- [14] NIEMEIJER, D., S. DE GROOT, R. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological indicators*, vol 8, 2008, pp. 14-25.
- [15] SCHERPEREEL, C., VAN KOPPEN, K., HEERING, F. Selecting environmental performance indicators. The case of Numico. *GMI*, vol 33, 2001, pp. 97-114.
- [16] DEWULF, W., DUFLOU, J. Simplifying LCA using indicator approaches – A framework. *CIRP seminar on life cycle engineering*, Copenhagen, 2003.
- [17] JOHNSON, S.D. Identification and selection of environmental performance indicators: Application of the balanced scorecard approach. *Corporate environmental strategy*, vol 5(4), 1998, pp. 34-41
- [18] SEARCY, C., KARAPETROVIC, S., MCCARTNEY, D. Designing sustainable development indicators: analysis for a case utility. *Measuring business excellence*, vol 9(2), 2005, pp. 33-41.
- [19] OECD. OECD environmental indicators, development, measurement and use – Reference paper. Paris; 2003.
- [20] RICE, J.C., ROCHET, M.J. A framework for selecting a suite of indicators for fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, vol 62, 2005, pp. 516-527.
- [21] UNEP. An Overview of Environmental indicator: State of the art and perspectives. *Environmental Assessment Sub-Programme*, Nairobi, 1994.
- [22] JANICOT, L. Les systèmes d'indicateurs de performance environnementale (IPE) entre communication et contrôle. *Comptabilité – Contrôle – Audit*, vol 13, 2007, pp. 47-67.
- [23] OLSTHROORN, X., TYTECA, D., WEHRMEYER, W., WAGNER, M. Environmental indicators for business: a review of the literature and standardization methods. *Journal of Cleaner Production*, vol 9, 2001, pp. 453-463.
- [24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Selection and use of performance indicators in decommissioning. *Nuclear Energy Series N° NW-T-2-1*, 2011.
- [25] MICHELIN, F., VALLET, F., REYES, T., EYNARD, B., DUONG, V.L. Integration of environmental criteria in the co-design process: case study of the client/supplier relationship in the french mechanical industry. *International design conference*, Dubrovnik, Croatia, 2014.
- [26] USSUI, P.R.S, BORSATO, M. Sustainability indicators for the product development process in the auto parts industry. 20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, *Proceeding 2013*, pp. 481-493.
- [27] NF E 01-005. Produits mécaniques — Méthodologie de réduction des impacts environnementaux à la conception et au développement des produits. *French Standard* ; 2013.