

L'éco-conception une clé pour un développement durable

[Eco-design the key of sustainable development]

Youness FARHANE¹, Diallo THIERNO², Driss AMEGOUZ³, and Abdelaziz BOURAS⁴

¹Industrial engineering, USMBA/ENSA, Fez, Morocco

²Industrial engineering, Lyon 2/IUT, Lyon, France

³Mecanics, USMBA/EST, Fez, Morocco

⁴Industrial engineering, Lyon 2/IUT, Lyon, France

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The awareness of the environmental impacts of human activity has led to the adoption of several initiatives to promote more sustainable development. Producing and consuming, while minimizing impacts on the environment is one approach to reduce environmental degradation. Pressure from governments and consumers leads companies to introduce environmental constraints among the criteria to take into account in their activities. As product is at the heart of their activities, attention is focused on it since its design phase and this for its entire life cycle. This new approach consists to consider the environmental constraints the same way as other constraints related to cost, quality and delay at the design stage. This process, known as eco-design, attracts the attention of both industry and academia. Many tools and methods have been proposed to allow the deployment of this new approach. In this paper, we reviewed the impact of eco-design, and proposed approaches to help companies to realize more important saving.

KEYWORDS: environment, eco-design, sustainable development, optimisation, tools, methods.

RESUME: Une prise de conscience de plus en plus générale des conséquences environnementales de l'activité humaine a favorisé la prise de plusieurs initiatives en faveur d'un développement plus durable. L'une des actions en faveur de l'environnement consiste à produire et consommer tout en minimisant les impacts sur l'environnement. Les entreprises, et sous la pression des pouvoirs publics et des consommateurs, commencent à introduire les contraintes environnementales parmi les critères à tenir en compte dans leurs activités. Le produit étant au centre de leur activité, une attention particulière lui est portée dès sa phase de conception et ceci pour l'ensemble de son cycle de vie. Cette nouvelle approche consiste à considérer les contraintes environnementales au même titre que les autres contraintes liées au coût, à la qualité et au délai dès la phase de conception. Ce processus, connu sous le nom d'éco-conception, attire l'attention aussi bien des industriels que des chercheurs. De nombreux outils et méthodes ont été proposés pour permettre le déploiement de cette nouvelle approche. Dans cet article nous allons présenter d'une façon globale l'importance de l'éco-conception et son rôle dans le Développement Durable et sur les objectifs de croissance et de développement des entreprises.

MOTS-CLEFS: environnement, développement durable, éco-conception, optimisation, outils, méthodes.

1 INTRODUCTION

L'air des grandes cités est de plus en plus pollué, des dizaines de millions d'habitants dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable, des forêts sont détruites et des espèces disparaissent, les ressources naturelles sont souvent surexploitées, les catastrophes écologiques se multiplient, les menaces globale sur l'environnement s'aggravent et le rend de plus en plus fragile (changement climatique, raréfaction des ressources naturelles avec en particulier le rapprochement du pic pétrolier, écarts entre pays développés et pays en développement, sécurité alimentaire, perte drastique de biodiversité, croissance de la population mondiale,...) [1]. Tous ces exemples de dégradation environnementales, qu'elles soient créées ou accentuées par l'homme, et de la difficulté qu'il semble y avoir pour y remédier ne manquent pas [2].

Une telle situation, dont rien n'indique qu'elle va s'améliorer prochainement, a des conséquences économiques évidentes, que l'on pense aux coûts qu'il faudrait engager pour éviter les dégradations, ou à ceux qu'implique la réparation des dommages. Il importe donc, de mettre en place des politiques environnementales efficaces, pour lutter contre les causes de cette dégradation environnementale et les raisons de sa persistance [3]. On parle alors du développement durable. Plusieurs axes peuvent assurer un Développement Durable, en outre dans nos travaux de recherches suivants nous allons s'intéresser à l'axe concernant l'éco-conception.

L'éco-conception est une démarche de conception de produit (et de son emballage) qui doit permettre, de minimiser ses impacts environnementaux, tout au long de son cycle de vie, dans un processus d'amélioration continue et à coût maîtrisé. C'est une approche qui se développe, notamment depuis les années 1990 en Europe du Nord, basée sur le fait que tout produit et processus ont un impact sur l'environnement, qu'il s'agisse de production de biens ou de service. Toutefois, considérer l'éco-conception comme une contrainte, notamment du fait de la pression réglementaire, ce qui constitue au sens des industriels une vision négative et réductrice de ce concept. Par contre il vaut mieux considérer qu'il s'agit d'une opportunité, d'un réel défi à relever pour innover. L'éco-conception, vue sous cet angle, peut en effet devenir un vecteur de différenciation qui pousse à faire et proposer des produits et des services différents de ceux des concurrents. Dans le présent article, nous essayons de présenter les effets positifs que peut générer l'intégration d'une démarche d'éco-conception.

2 DÉVELOPPEMENT DURABLE

2.1 DÉFINITION DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

La notion du développement durable (ou soutenable, tiré de l'Anglais « sustainable ») a été introduite depuis 1987 par la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement, présidée par le premier ministre Norvégien de l'époque, Gro Harlem Brandtland. Le rapport final, intitulé « notre avenir à tous » (Our Common Future), définit le développement durable comme : un développement qui permet la satisfaction des besoins présents, sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. Très vite, l'expression a connu un succès extraordinaire, à tel point que, dès 1989 cette notion de développement durable a connu plus de soixante définitions [4].

L'objectif du développement durable est de définir des schémas viables qui concilient les trois aspects économique, social, et écologique des activités humaines : « trois piliers » à prendre en compte par les collectivités comme par les entreprises et les individus [5]. La finalité du développement durable est de trouver un équilibre cohérent et viable à long terme entre ces trois enjeux. À ces trois piliers s'ajoute un enjeu transversal, indispensable à la définition et à la mise en œuvre de politiques et d'actions relatives au développement durable : la gouvernance [6]. La gouvernance consiste en la participation de tous les acteurs (citoyens, entreprises, associations, élus...) au processus de décision ; elle est de ce fait une forme de démocratie participative. Le développement durable n'est pas un état statique d'harmonie, mais un processus de transformation dans lequel l'exploitation des ressources naturelles, le choix des investissements, l'orientation des changements techniques et institutionnels sont rendus cohérents avec l'avenir comme avec les besoins du présent. On peut considérer que les objectifs du développement durable se partagent entre trois grandes catégories [7]:

- Ceux qui sont à traiter à l'échelle de la planète : rapports entre nations, individus, générations ;
- Ceux qui relèvent des autorités publiques dans chaque grande zone économique (Union européenne, Amérique du Nord, Amérique latine, Asie...) ;
- Ceux qui relèvent de la responsabilité des entreprises.

Si les objectifs du développement durable font l'objet d'un relatif consensus, c'est son application qui demeure source d'oppositions. L'une des questions posées par le terme de « développement durable » est de savoir ce que l'on entend par « durable ». Or, la nature peut être vue de deux manières, complémentaires : il existe d'une part un "*capital naturel*", non-

renouvelable à l'échelle humaine (la biodiversité par exemple), et d'autre part des *ressources renouvelables* (comme le bois, l'eau...). Cette distinction étant faite, deux conceptions sur la durabilité vont s'opposer [8].

2.2 LES PRINCIPAUX CONCEPTS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Au risque d'être trop schématique, on distingue quatre grands concepts du développement durable. Le premier, concerne les tenants de l'« écologie profonde », qui accorde une valeur à la nature indépendante des besoins humains et ont une position protectionniste absolue qui ne peut conduire qu'à un état stationnaire de l'économie. Le deuxième concept, est pris pas les « éco-centristes », qui pensent qu'il est toujours possible de substituer du capital produit aux actifs naturels, et donc qu'il n'y a pas de réelle contrainte environnementale, pour eux, la nature n'a de valeur qu'instrumentale et le progrès technique apportera toujours des solutions pour réparer les dommages avant qu'ils ne deviennent trop importante.

Au-delà des divergences qui caractérisent ces deux concepts, il y a une idée commune qui relie la soutenabilité à une certaine capacité de garder quelque chose de constant sur la durée, et il y a justement divergence sur la spécificité de ce qui doit constant. De plus, l'insistance mise sur la dimension temporelle du concept soulève le problème, qui semble à première vue insurmontable du point de vue financement, de la prise en compte des préférences des générations futures. Cette difficulté est redoublée du fait des effets à très long terme (effet de serre) de nombre de nos décisions sur les problèmes présents [9]. C'est ainsi que le soutien de la voiture individuelle, comme un des vecteurs de la croissance dans les pays industrialisés à la sortie de la seconde guerre mondiale, révèle cinquante ans plus tard ses effets négatifs.

3 L'ÉCO-CONCEPTION

3.1 INTRODUCTION À L'ÉCO-CONCEPTION

Dans la littérature, plusieurs termes sont utilisés pour désigner l'éco-conception, les plus fréquents sont : *ecodesign*, *ecological design*, *environmental design*, *design for the environment* et *life cycle design*. A noter que les définitions de ces termes comportent certaines différences selon les modes d'évaluation des impacts environnementaux. On va prendre la définition suivant : « L'éco-conception est un processus d'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits qui a pour objectif la réduction des impacts environnementaux des produits tout au long de leur cycle de vie » [10].

La première vague d'intégration de l'environnement en développement de produits date du début des années 1970. Son objectif principal est de diminuer la quantité de déchets solides qui se retrouvent dans les sites d'enfouissement. Elle est associée à l'approche bouclage des flux de matières. Selon Millet (1995), « cette approche consiste à poser que les impacts environnementaux occasionnés par le produit seront minimisés si l'on réalise le bouclage des flux de matières intervenant dans la phase fin de vie du cycle de vie du produit ».

Rapidement, des chercheurs américains notamment, s'intéressent à des démarches incluant de multiples impacts environnementaux, selon lesquelles l'optimum écologique est obtenu en minimisant cinq critères (l'énergie, la matière, les déchets solides, les rejets dans l'eau et les rejets dans l'air) durant l'élaboration d'un produit ou d'un service [11].

Au départ, l'approche multicritères consiste à intégrer les bilans matières, utilisés par l'industrie chimique, aux bilans énergétiques développés à la suite du choc pétrolier pour avoir une vision plus complète des ressources nécessaires à l'élaboration de produits. Plus tard apparaissent les « REPA » (Ressources and Environmental Profile Analysis). Dans ces analyses, outre les ressources utilisées, on prend en compte les rejets générés par le système de production à l'étude.

Au milieu des années 1970, l'urgence de la diminution des déchets capte toute l'attention. Ce n'est qu'au début des années 1980 que l'intérêt pour ces analyses revient. Ainsi, en 1979, des industriels américains créent la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), avec l'objectif de développer et de promouvoir les outils permettant d'évaluer les impacts environnementaux d'une technique ou d'une activité. Durant les années 1980, on intègre dans les analyses d'impact les matériaux, l'énergie, les déchets solides, les rejets dans l'eau et dans l'air pour obtenir une vision de plus en plus complète des impacts générés par des produits ou des systèmes.

Il convient en conséquence, pour minimiser l'impact du produit (tout au long de sa vie) sur l'environnement, d'agir sur sept axes majeurs que sont :

- les matières premières,
- les substances,
- l'énergie,

- la pollution de l'air,
- la pollution de l'eau,
- la pollution des sols,
- les déchets.

Outre le souci du citoyen de préserver l'espèce humaine et son environnement, l'industriel doit tenir compte de l'éco-conception pour des raisons purement réglementaires et aussi pour satisfaire les exigences de ses clients soucieux du respect de l'environnement pour leur image. C'est ainsi que les acheteurs des administrations et des collectivités locales intègrent des critères environnementaux dans leurs appels d'offres, que dans le code des marchés publics, l'aspect protection de l'environnement est cité, et qu'enfin, il convient de ne pas oublier une demande latente des consommateurs pour une pratique responsable de la part des industriels.

Toutefois, considérer l'éco-conception comme une contrainte, notamment du fait de la pression réglementaire, ce qui constitue à notre sens une vision négative et réductrice de ce concept. Par contre il vaut mieux considérer qu'il s'agit d'une opportunité, d'un réel défi à relever pour innover. L'éco-conception, vue sous cet angle, peut en effet devenir un vecteur de différenciation qui pousse à faire et proposer des produits et des services différents de ceux des concurrents.

3.2 AVANTAGES DE L'ÉCO-CONCEPTION

Néanmoins, la préoccupation principale des entreprises demeure le critère économique, l'intégration des questions environnementales se fait alors de plus en plus par l'éco-efficience [12]. Présenté au Sommet de la Terre à Rio en 1992 par Stephan Schmidheiny (homme d'affaire suisse), le concept d'éco-conception revêt un caractère économique et environnemental. Le préfixe « éco », selon Schmidheiny, fait référence à la fois à économie et écologie. D'une manière générale, l'éco-efficience cristallise en sept points les principes et critères reliés aux approches environnementales développées au fil des ans, qui sont :

1. Réduire l'intensité des matériaux ;
2. Réduire l'intensité énergétique ;
3. Réduire la dispersion des substances toxiques ;
4. Améliorer la recyclabilité ;
5. Maximiser l'utilisation de ressources renouvelables ;
6. Prolonger la durée de vie ;
7. Accroître l'intensité du service.

Au niveau environnemental, l'éco-efficience consiste à diminuer l'utilisation des ressources naturelles (éléments 1, 2 et 5) et à réduire l'émission de rejets dans l'environnement (éléments 3, 4 et 6). L'éco-efficience est une mesure relative qui consiste à mettre en relation la performance économique et la performance environnementale (ou écologique) d'un produit ou d'un service. Le but de la démarche n'est pas de produire moins, mais de produire mieux. Selon le WBCSD, (World Business Council for Sustainable Development), la mise en œuvre de l'éco-efficience nécessite la mise en place d'une structure de base incluant :

1. L'implantation d'un système de management environnemental ;
2. L'intégration de la pensée cycle de vie dans la gestion ;
3. L'éco-conception ;
4. Une gestion de la chaîne d'approvisionnement.

Le système de management environnemental a pour objectif de mettre sur pied une unité de gestion et de suivi qui assure l'amélioration environnementale continue de l'entreprise. Cette entité fixe les objectifs de réduction des impacts environnementaux de l'entreprise et assure le suivi en ce qui concerne l'atteinte ou non de ces objectifs. L'intégration de la pensée cycle de vie dans la gestion est fondamentale. Elle permet d'avoir une vision plus large de l'ensemble des activités nécessaires à l'élaboration des produits et services, ce qui favorise une meilleure compréhension des relations entre ces activités. Le troisième élément, l'éco-conception, permet d'intégrer les aspects environnementaux dès la conception des produits. Finalement, avec une meilleure gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'entreprise devrait pouvoir s'assurer que les fournisseurs qui collaborent avec elles intègrent aussi les aspects environnementaux [13].

L'éco-conception est ainsi une composante primordiale pour l'intégration de l'environnement dans le développement des produits et services. Elle est aussi une démarche qui peut procurer de nombreux bénéfices pour l'entreprise, ses clients et ses partenaires. Nous avons constaté que plusieurs axes, peuvent donner lieu à des réductions de coûts. Ainsi, un produit plus facilement recyclable peut être conçu en « mono matériau », ce qui est souvent moins cher, plus facile à assembler, et

peut permettre une récupération plus facile à la fin de sa vie. L'utilisation d'une matière recyclée peut s'avérer moins coûteuse qu'une matière vierge. Les matières renouvelables, comme le bois, peuvent être moins coûteuses que celles qui sont non renouvelables. Au niveau de l'optimisation des matières, plusieurs possibilités existent; par exemple, l'emballage peut être minimisé, ce qui peut se répercuter de façon positive au niveau de la chaîne logistique comme à l'entreposage et lors du transport. Par ailleurs, le rendement énergétique de tout produit peut être amélioré. L'utilisation d'énergies renouvelables, comme dans le cas de chauffe-eau solaires, peut également générer des économies. Enfin, des produits plus durables peuvent entraîner des réductions de coûts chez les clients et améliorer leur fidélisation.

4 PROPOSITION D'UN MODÈLE D'INTÉGRATION DE L'ÉCO-CONCEPTION DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION ET DE DÉVELOPPEMENT

4.1 INTRODUCTION

Tenir des objectifs à caractère environnemental dans l'activité de conception de produit ne se réduit pas à l'intégration d'une contrainte technique de plus. Les aspects organisationnels de l'entreprise doivent également être considérés [10]. A l'image de la conception classique, on ne peut définir un schéma unique d'éco-conception. Chaque entreprise, en fonction de ses spécificités déterminera l'organisation à mettre en place pour éco-concevoir ses produits. Néanmoins, un cadre générique peut être défini. Celui-ci pourra par la suite être adapté à chaque cas particulier.

Dans ce chapitre nous proposons un modèle générique d'éco-conception dans lequel nous donnons des indications générales.

4.2 L'IMPORTANCE DE L'ENGAGEMENT DE LA DIRECTION

A l'instar de tout projet au sein de l'entreprise, un processus d'éco-conception nécessite une implication active de la direction. Dans la majorité des cas, elle est l'initiateur d'un tel projet. Les responsables opérationnels (production, conception et environnement) ont également une influence mais plutôt en tant que prescripteur ou conseil.

Ainsi, dans l'étude de l'ADEME [14], parmi les entreprises interrogées et qui envisagent la mise en place d'une démarche d'éco-conception, 86% des personnes susceptibles de jouer un rôle sont des décideurs (DG/ gérants/ directeurs de sites/ responsables commerciaux/ marketing) contre 23% des responsables Etudes et Conception. Au cours de l'étude franco-québécoise, 24 entreprises sur 30 ont cité la direction comme étant à l'origine de l'introduction de la démarche d'éco-conception suivi par la RD avec 10 citations.

Qu'elle soit à l'origine ou pas du processus d'éco-conception, l'engagement de la direction est une condition indispensable à son aboutissement. Selon la norme XP ISO/TR 1462, les actions que la direction peut engager dans la démarche d'éco-conception sont entre autres :

- la définition de la vision et de la politique environnementales ;
- la définition des objectifs et des cibles pour assurer le respect des dispositions juridiques et réduire les impacts environnementaux négatifs des produits ;
- l'allocation des ressources ;
- l'attribution des responsabilités, des tâches et des responsabilités financières ;
- la définition, le soutien et le suivi des programmes de conception et développement des produits ;
- la définition et la mise en œuvre des programmes de revue du processus de conception et développement des produits ;
- l'organisation/la structuration des fonctions et processus environnementaux de conception et développement de produit ;
- l'identification des besoins de recrutement et de formation pour la mise en oeuvre des programmes ;
- la définition des indicateurs de mesure et de performance et le suivi et la fourniture d'informations en retour sur les performances environnementales.

A cause de son aspect pluridisciplinaire, l'éco-conception fait intervenir des corps de métiers et disciplines très variés : le marketing, l'environnement, le bureau d'étude, l'ingénierie, la qualité, l'approvisionnement, la prestation de service, etc.

Chacun de ces intervenants est appelé à jouer un rôle dans la prise en compte des aspects environnementaux dans le processus de conception et de développement.

4.3 RÔLE DES ACTEURS IMPLIQUÉS DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION ET DE DÉVELOPPEMENT

Un projet d'éco-conception, comme un projet de conception classique, est un processus multidisciplinaire qui fait intervenir la direction, le bureau d'étude, la planification, la mercatique, la production, la qualité, l'environnement, l'approvisionnement, le personnel de service, les clients ou leurs représentants, les fournisseurs, les sous-traitants, les recycleurs etc.

Nous indiquons ci-dessous les rôles que peuvent jouer des acteurs clés de l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit selon la norme XP ISO/TR 14062.

Tableau 1. Rôles joués par les acteurs impliqués dans une démarche d'éco-conception

Acteurs	Rôles
Marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Veille sur l'évolution de la législation, les besoins des clients, l'action des concurrents et la mise à disposition d'informations stratégiques sur la direction poursuivie en matière de développement des produits et sur la détermination du prix du produit final
Direction	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche et distribution d'informations sur les alternatives de conception, de mode de fabrication, de matériaux ou procédés possibles • Vérification de la faisabilité technique • L'établissement de systèmes de référence environnementale
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> • L'étude et la documentation des aspects et des impacts environnementaux et la recherche de solutions alternatives. • L'augmentation de la prise de conscience environnementale par la formation et l'éducation
Planification, Bureau d'étude	<ul style="list-style-type: none"> • La recherche et la mise en œuvre de solutions créatives dans la conception et le développement de produit • La re-conception des produits en fonction des objectifs environnementaux de l'entreprise
Approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> • La collecte et la qualification de données sur les matériaux et les composants/sous-ensembles et la transmission aux fournisseurs d'informations relatives aux exigences environnementales de l'organisme. • La spécification des exigences environnementales et leur présentation aux organismes de la chaîne d'approvisionnement • L'évaluation des performances environnementales des fournisseurs
Fournisseurs, sous-traitant	<ul style="list-style-type: none"> • Mise à disposition des informations environnementales relatives à leur produit
Clients	<ul style="list-style-type: none"> • Etablissement du cahier de charges • Validation des solutions proposées • Participer au choix des solutions • Mise à disposition d'informations sur les différents scénarii de fin de vie

4.4 PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE D'ÉCO-CONCEPTION

Planification : C'est pendant cette phase que les exigences qui doivent s'appliquer au futur produit sont formulées y compris celles liées aux aspects environnementaux. Ces exigences sont formulées en tenant compte de tous les facteurs externes (besoins des clients, la concurrence, le marché, les aspects réglementaires, l'environnement dans lequel le futur produit sera utilisé,...) et internes (Capacité des moyens de production, ressources financières et humaines, disponibilité des données, capacité des partenaires externes,...). Plusieurs outils peuvent être utilisés pendant cette phase. Les outils classiques de la qualité peuvent être utilisés avec parfois certaines adaptations. L'application du système QFDE (Quality Function Deployment for Environment) permet par exemple d'identifier les parties du produit responsables des principaux impacts environnementaux et trouver la conception la plus optimisée. Les analyses SWOT (forces, faiblesses, opportunités, menaces) permettront de choisir les meilleures stratégies. Une ACV peut être menée sur les produits existant an d'en établir un profil environnemental et identifier les points à améliorer.

Conception préliminaire : A cette étape, les concepts du produit sont générés et évalués les uns par rapport aux autres en fonction des exigences déterminés à l'étape précédente. Les outils de créativité et d'innovation comme le brainstorming et l'EcoTRIZ, le logiciel CES Selector pour faire un choix de matériaux, les bases de données des matériaux et les Guidelines

sont entre autres les outils utilisés pendant cette phase. La comparaison des performances environnementales peut être obtenue à l'aide d'une ACV simplifiée.

Conception détaillée : Les concepts retenus à la phase précédente sont concrétisés. On affine le choix de la géométrie, des matériaux, etc. On détermine les pièces à fabriquer et celles que l'on doit acheter. A ce stade, les outils CAO sont utilisés pour construire les modèles numériques, les bases de données sont utilisées pour le choix des matériaux. Les logiciels de simulation sont utilisés pour l'optimisation du produit et des processus du cycle de vie.

Essais/prototype : Différentes versions de prototype sont construits pour évaluer la performance et la fiabilité du produit et identifier les points à améliorer avant le lancement de la production. Les techniques de prototypage numérique permettent de réaliser des économies par rapport au prototypage physique. Les résultats du prototypage et des essais peuvent être utilisés en complément aux données disponibles sur le produit et son cycle pour réaliser une ACV plus ou moins complète.

Production : Après avoir corrigé les éventuelles erreurs constatées lors de l'étape d'essais/prototypage, la production est lancée. Une attention doit être portée sur le système de production pour atteindre les objectifs de performance en termes de coût, qualité et environnemental.

Commercialisation : L'étape de commercialisation permet de communiquer sur les caractéristiques environnementales du produit. Ces caractéristiques serviront à se différencier de la concurrence et servir d'argument de vente au près des clients. Dans le cadre de la communication environnementale, la série ISO 14020 : étiquettes et déclarations environnementales fournit les directives pour le développement et l'utilisation des déclarations et étiquetage environnementaux concernant un produit ou un service.

Utilisation et fin de vie : Un accompagnement peut être fourni aux consommateurs an d'utiliser efficacement le produit et optimiser cette étape du cycle de vie du produit. C'est aussi l'occasion de recueillir des données réelles sur le fonctionnement du produit.

Revue du produit : Les informations obtenues lors de la phase d'utilisation permettront d'enrichir la base de connaissances environnementale et servir pour une ACV complète. Les résultats des analyses permettront d'améliorer les futurs produits.

Tableau 2. Démarche d'éco-conception

Phases	Actions	Sortie de la phase	Outils
Planification	<ul style="list-style-type: none"> • Formuler les exigences environnementales en fonction des facteurs externes et internes • Choisir les approches de conception environnementale appropriées 	Idées de conception	Enquête, Benchmarking, QFD environnemental, ACV simplifiée, check-list, diagrammes de Pareto, Matrice eco-portfolio, AMDEC, analyse de la valeur, Normes, Guide
Conception préliminaire	<ul style="list-style-type: none"> • Faire des analyses orientées CV • Formuler des cibles mesurables selon les exigences prédéfinies • Proposer des concepts 	Concepts	QFDE, Guide, Check-list, BDD, ACV, brainstorming CES, EcoTRIZ
Conception détaillée	<ul style="list-style-type: none"> • Concrétiser les concepts • Finaliser les spécifications du produit 	Solution de conception	Bases de données, Simulation, CAO, FAO
Essais/prototype	Vérifier que toutes les spécifications liées aux impacts environnementaux du CV sont respectées	Prototype	Outils de prototypage, Simulation, ACV, check-list
Production	S'assurer de l'optimisation environnementale des procédés de fabrication et de la logistique	Produit	Check-list
Commercialisation	Communiquer les aspects environnementaux du produit	Déclaration environnementale	Rapport Environnement, écolabels
Utilisation et fin de vie	Optimiser l'utilisation et la fin de vie	Accompagnement, retour de terrain	Gestion des connaissances
Revue du produit	Capitaliser sur les retours de terrain pour une éventuelle re-conception	Idées d'amélioration	ACV, PDCA (roue de Deming), check-list

4.5 PROPOSITION D'UN MODÈLE D'ÉCHANGE D'INFORMATION

Les données sur le produit et celles sur les processus du cycle de vie proviennent de divers sources. Ces données et celle produites par les outils d'éco-conception doivent être échangées entre les différents acteurs impliqués. Un support de communication et d'échange est donc nécessaire pour assurer une meilleure coordination entre eux, on parle alors du PLM, qui est une approche globale incluant les composants, les documents, les nomenclatures, les résultats d'analyse, les spécifications de test, les informations sur les composants voisins, les normes de qualité, les spécifications d'ingénierie, les ordres de modification, les procédures de fabrication, les informations sur les rendements du produit, les fournisseurs de composants, et bien d'autres.

Il permet de relier les différentes installations d'une entreprise multi sites mais aussi assurer la connexion avec les fournisseurs, les partenaires, et même les clients [15]. Les quelques fonctionnalités d'un PLM sont :

- La gestion des articles (ou composants) : c'est l'une des fonctions de base d'un outil PLM. Il contrôle les informations et le statut de l'article ainsi que les processus liés à la création et la maintenance de l'article.
- La gestion de la structure et de la maintenance du produit : le PLM identifie les informations individuelles et leur connexion avec les autres à l'aide de la structure du produit, qui sont des articles liés ensemble.
- La gestion des privilèges utilisateurs : le PLM est utilisé pour définir les droits à l'accès et de maintenance de l'information. Il détermine ceux qui peuvent créer de nouvelles informations ou effectuer, vérifier et accepter des changements, et ceux qui ne sont autorisés qu'à lire l'information ou des documents dans le système.
- Maintenir l'état et le statut des documents et des articles : l'outil maintien l'information concernant l'état et la version (exemple : croquis, projets, acceptés, distribués, obsolète) de chaque document et article, et concernant les changements qu'ils ont subi : quel changement, quand, et par qui.
- La recherche de l'information : l'une des principales tâches du PLM est la recherche de l'information. Il intensifie et facilite la recherche de l'information

Dans le modèle que nous proposons, le PLM constitue l'outil central où toute l'information est stockée. Les producteurs de l'information y stockent les dernières versions des données et les "consommateurs" de l'information y cherchent l'information dont ils ont besoin. Ceci évitera les liaisons point à point entre les outils, l'incohérence et la redondance de l'information.

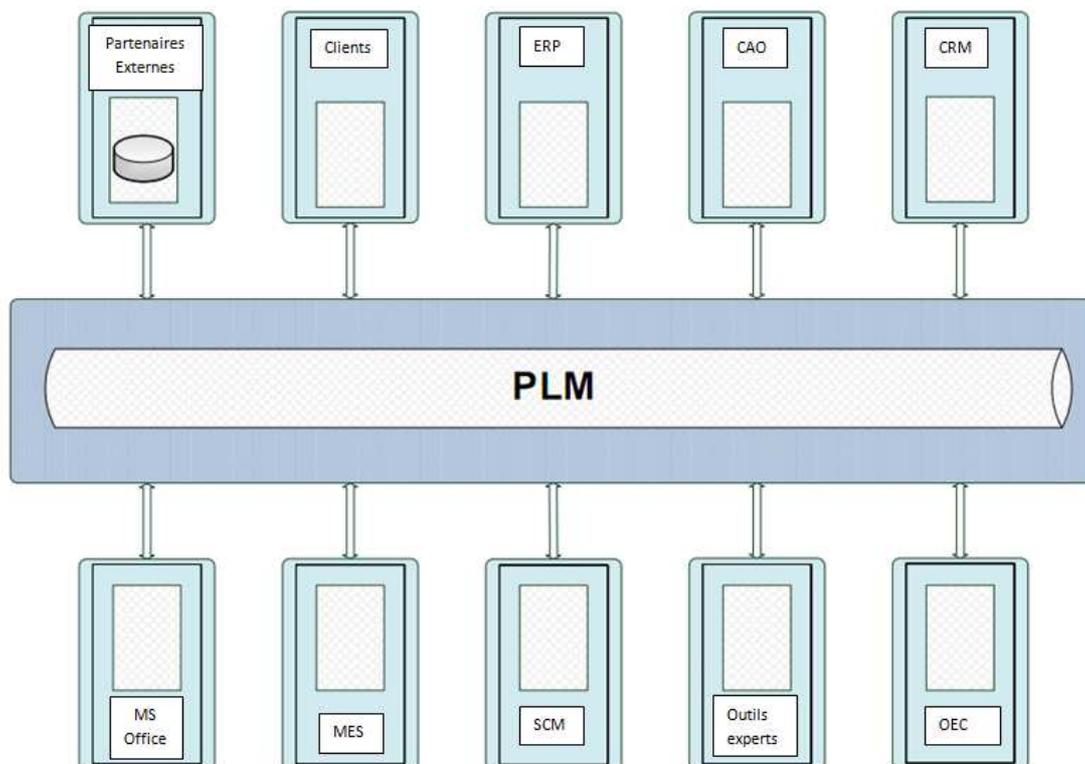


Fig. 1. Modèle d'échange d'information

- Partenaires externes :

Avec l'augmentation de la part des approvisionnements dans les coûts de production du produit et la tendance à se concentrer sur leur cœur de métier, les entreprises deviennent de plus en plus dépendantes de leurs fournisseurs. L'importance des changements produit augmente et le sourcing devient de plus en plus dynamique. Avec la prise en compte des aspects environnementaux, les entreprises deviennent de plus en plus regardantes sur leur chaîne d'approvisionnement. Les sous-traitants, les fournisseurs, les gestionnaires de la chaîne de valeur peuvent se connecter au processus métier de l'entreprise pour fournir les informations ou pour recevoir des commandes, des cahiers de charges ou autres.

- Clients

Les clients pourront obtenir certaines informations comme les manuels, les catalogues mis à disposition à partir du PLM.

- ERP

Le PLM est plus utilisé par les fonctions productrices de données sur les produits (Bureau d'étude, ingénierie,) et l'ERP par celles consommatrices des données sur le produit (achat, fabrication, maintenance,). L'intégration du PLM avec l'ERP fournit l'accès aux données produit ainsi que les données des autres services à tous.

- CAO

Les premières solutions PLM commercialisées étaient essentiellement destinées à la gestion des modèles CAO. Ce qui fait que, de nos jours, les fonctionnalités du PLM dédiées aux fichiers CAO sont assez matures. A travers le PLM, on peut accéder et visualiser la maquette numérique du produit et d'autres informations telles que la nomenclature du produit, les matériaux, la masse, le volume, etc.

- CRM

Le CRM permet de développer une relation privilégiée avec le client. Les données sur les historiques de consommation, des réclamations, les informations sur les clients sont des données utiles à la détermination des prix, des promotions de vente et de façon générale de la stratégie marketing. Les informations sur les pièces de rechange et les versions des produits fabriqués et commercialisés sont accessibles dans le PLM.

- MS Office

Beaucoup de documents échangés entre les membres de l'équipe de conception sont des fichiers Word ou Excel. Les solutions PLM proposent les fonctionnalités facilitant le rangement aisé de ce type de fichier.

- MES

Le MES stocke les données recueillies sur le système de production dans le PLM. Ces données sont par suite utilisées par le service qualité, la maintenance, l'ordonnancement, les experts environnementaux et autres. Les informations sur les changements opérés sur les dessins, les plans par exemple sont mis à la disposition des équipes de production à travers le MES.

- SCM

Les flux de marchandises, les flux financiers et les flux d'informations augmentent avec la taille de l'organisation, son expansion géographique. La connexion du SCM avec le PLM permettra de gérer plus efficacement les données liées à la chaîne logistique et les intégrer plus facilement dans le système d'information du produit.

- Outils experts

Les outils spécialisés comme les logiciels de comptabilité, de gestion de projet pourront recueillir les données dans le PLM et y stocker les résultats de calcul ou d'analyse.

- OEC

Toutes les informations nécessaires à l'évaluation environnementale sont rendues disponibles en un seul endroit grâce à cette solution. Les résultats des analyses et autres guidelines d'amélioration sont fournis aux autres membres impliqués dans le processus à travers le PLM. L'échange de données entre le PLM et les autres systèmes peut se faire par transfert manuel, par copie de fichiers, l'intégration de base de données des systèmes ou encore l'intégration des systèmes à l'aide d'intergiciels.

5 CONCLUSION

Cet article permettra donc de découvrir d'une façon globale l'importance de l'éco-conception et son rôle dans le Développement Durable, et surtout d'identifier l'intérêt du respect de l'environnement sur les objectifs de croissance et de développement des entreprises.

Le constat fait de nos jours de la pratique de l'éco-conception est que l'utilisation industrielle des outils et méthodes d'éco-conception proposés reste très faible. L'une des causes de cette réalité est la non intégration de ces outils/méthodes dans l'environnement de conception. Les concepteurs devaient utiliser ces nouveaux outils/méthodes en parallèle avec leurs outils/méthodes habituels. Pour favoriser l'acceptation de ces nouveaux outils, ils doivent s'intégrer avec ceux de l'ingénierie numérique. Durant ce stage dont le thème porte sur la contribution de l'ingénierie numérique à l'éco-conception nous avons abordé cette relation entre les outils d'ingénierie numérique et ceux de l'éco-conception. Parmi les outils d'ingénierie numérique, nous nous sommes focalisés sur le PLM qui est le plus utilisés.

La prise en compte des aspects environnementaux dans la conception des produits induit des changements dans l'organisation. Pour aborder donc l'aspect organisationnel de l'éco-conception, nous avons proposé une démarche d'éco-conception tout en insistant sur le rôle primordial de la direction. Dans cette démarche, nous spécifions pour chaque phase de l'éco-conception, les actions à mener, les outils pouvant être utilisés et la sortie de l'étape. Enfin, nous proposons un modèle d'échange d'information dans le cas d'une approche d'éco-conception.

Nous envisageons aussi, par la suite, d'intégrer une approche éco-conception dans un secteur spécial, c'est l'industrie artisanale au Maroc, afin de minimiser la consommation d'énergie et l'utilisation de la matière première, pour cela, nous allons automatiser la technique de fabrication de plaques décoratives en pièces de Zellij traditionnel [16].

REFERENCES

- [1] A. HAMMOND, *Quel monde pour demain ?*, Nouveaux Horizons, 2004.
- [2] A. & P. EHRLICH, *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. R. House, New York, 1981.
- [3] S. NAVJOT, W. BARRY, "Causes and Consequences of Species Extinctions", *The Princeton Guide to Ecology* / S. A. Levin, pp.514-520, 2007.
- [4] B. LESTER, *Eco-économie : une autre croissance est possible, écologique et durable*, Seuil, 2003.
- [5] B. EUGENE, *Le « développement durable » Une pollution mentale au service de l'industrie*, revue Agone, 2005.
- [6] R. PERES, *thèmes d'actualité économiques, politiques et sociaux*, Vuibert, 2010.
- [7] Banque Mondiale, *Le savoir au service du développement* Editions ESKA, 1999.
- [8] P. DRUCKER, *Au-delà du Capitalisme*, Dunod, 1993
- [9] M. WEITZMAN, "Sustainability and Technical progress", *Scandinavian Journal of Economics*, 1997.
- [10] S. LE POCHAT. *Intégration de l'éco-conception dans les PME : Proposition d'une méthode d'appropriation de savoir-faire pour la conception environnementale des produits*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, thèse de Doctorat, 2005.
- [11] L. GRISEL, G. DURANTHON, « *Pratiquer l'éco-conception* », Éd. AFNOR, 2001.
- [12] B. DESAIGUES & P. POINT, « *Economie du patrimoine naturel : la valorisation des bénéfices de protection de l'environnement* », Economica, 1993.
- [13] D. LAUNAY, *Emballage et Environnement : de la prévention à l'éco-conception*, Pays de la Loire Innovation, 2003.
- [14] BVA/ADEME. *Synthèse de l'étude de marché pour une boîte à outils éco conception*. Technical report, ADEME, mai 2010.
- [15] A. SAAKSUORI. *Product Lifecycle Management*. Springer-Verlag, 2000.
- [16] Y. FARHANE, D. AMEGOUZ, A. BOURAS, "Nouvelle méthode de production des pièces découpées du Zellij traditionnel", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 8, No. 1, September 2014.