



ELSEVIER



www.elsevier.com/locate/natsci

ARTICLE

L'entreprise face au développement durable : changement de paradigme et processus d'apprentissage

The firm faced to sustainable development: change of paradigm and learning process

Dominique Millet ^{a,*}, Luigi Bistagnino ^b, Carla Lanzavecchia ^c,
Roger Camous ^d

^a Ingénieur de recherche en génie industriel, Ensam de Paris, Laboratoire conception de produits et innovation, 151, bd de l'hôpital, 75013 Paris, France

^b Professeur de design industriel et d'architecture, Politecnico di Torino, Disegno Industriale, Dipartimento di Progettazione Architettonica viale Mattioli, 39, 10125 Torino, Italie

^c Professeur de design industriel et d'architecture, Politecnico di Torino Disegno Industriale Dipartimento di Progettazione Architettonica viale Mattioli, 39, 10125 Torino, Italie

^d Professeur de design et ecodesign, université de Montréal, faculté de l'aménagement, École de design industriel, CP 6128 succursale, Centre ville Montréal H3C 3J7, Québec, Canada

Reçu le 26 juillet 2002 ; accepté le 6 mars 2003

MOTS CLÉS

Éco-conception ;
Apprentissage ;
Paradigme ;
Organisation ;
Durabilité

KEYWORDS

Ecodesign;
Learning process;
Paradigm;
Organization;
Sustainability

Résumé Depuis 30 ans, la notion d'Environnement s'est progressivement enrichie pour devenir une nouvelle façon de concevoir le développement de notre société (développement durable). Dans cette recherche d'un nouveau mode de développement, l'industriel apparaît comme un des acteurs-clé car il est à la fois source prépondérante d'impacts environnementaux et potentiel détenteur des solutions pour y remédier. En nous appuyant sur les travaux de recherche que nous avons conduits en France, au Canada et en Italie depuis plus de dix ans, nous tentons de décrire le défi que doit relever l'entreprise et qui consiste en un changement de paradigme. Nous proposons un macro-processus d'apprentissage permettant de mettre en exergue les modifications imposées par ce changement de paradigme, en terme de valeurs directrices, de stratégies d'action et d'*outputs*.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : dominique.millet@paris.ensam.fr (D. Millet).

Abstract For 30 years, the notion of Environment has grown rich gradually to become a new way of conceiving the development of our society (sustainable development). In this search for a new mode of development, the manufacturer appears as one of the key actors because he is at the same time major source of environmental impacts and potentially holder of solutions. By basing us on the researches that we led in France, in Canada and in Italy for more than ten years, we shall describe three scenarios characterizing the relation between company and environment. The first one consists in considering that it is sufficient to take the environment into account as a new constraint leading to modify by a progressive process of adaptation the result of the concerned activity and, by distribution, the overall industrial activity. A second scenario is based on the addition of a supplementary criterion in order to modify by a process of continuous improvement the environmental quality of the industrial activity. Finally, a third scenario considers the environmental dimension as a supplementary value which has to shape industrial activity itself. The importance of the environmental problems and the growth of the environmental concern suggest the necessity of turning to the scenario 2 or 3. However, this change of scenario cannot be simply obtained by the addition of an environmental responsible or by the introduction of some methodological tools in the company; it is really about a change of paradigm. To favor this last one, we shall propose a macro process of learning composed of three stages: the first one concerns the creation of a new environmental knowledge, the second is focused on the development of a new environmental procedure and the third deals with the creation of a new industrial system. The description of this macro process of learning will allow to underline the profound modifications in term of governing values, strategies of action and consequences imposed by this paradigmatic change.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Pour les entreprises, saisir l'enjeu d'un développement durable impose de jouer à la fois sur les systèmes de connaissance et sur les relations de pouvoir. Telle est la thèse développée par les auteurs de ce texte à partir de leur expérience de recherche en génie industriel. En effet, les connaissances sur la réduction des impacts environnementaux des activités industrielles sont trop souvent « non-actionnables », en dehors d'une dynamique organisationnelle susceptible de transformer les comportements et les systèmes de valeur. L'intérêt de ce texte est donc de relier l'enjeu du développement durable aux approches de l'apprentissage organisationnel et de la conception collective. Sa publication a surtout une vocation programmatique ; elle suscitera, nous l'espérons, d'autres contributions sur l'entreprise et le développement durable. *La Rédaction.*

Chercheurs en Génie Industriel - spécialité environnement - (« chercheurs pour l'environnement »¹), nous cherchons à intégrer la dimension environnementale dans l'entreprise ; en d'autres termes, nous cherchons à modifier, par l'introduction d'éléments méthodologiques nouveaux, les

pratiques industrielles pour que leurs résultats génèrent un impact moindre sur l'environnement. Le retour d'expériences sur nos travaux réalisés en France, en Italie et au Canada nous conduit à présenter ici, une réflexion plus globale et volontairement moins pragmatique, sur les conditions d'une contribution de l'entreprise à l'évolution de la société vers un développement durable. Dans ce sens, notre objectif est de mettre en exergue les écarts existant entre les comportements majoritairement adoptés par les entreprises et ceux qui supposeraient une prise en compte consciente et responsable de l'environnement par l'Industrie, et de montrer l'ampleur et la nature des modifications à engager à travers la proposition d'un processus d'apprentissage/intégration de l'environnement en entreprise.

Pour ce faire, nous rappelons dans un premier temps, l'évolution des capacités anthropiques qui a progressivement révélé au cours des deux derniers siècles cette nouvelle dimension environnementale que nous nommons dimension « E », de tout temps caractérisée par un contenu flou et, aujourd'hui encore, par son ambiguïté à travers la notion de développement durable. Pour y voir plus clair sur cette nouvelle dimension « E » et sur le comportement de l'entreprise à son égard, nous élaborons trois scénarios qui rendent compte de trois visions différentes de l'environnement (comme une contrainte, un critère ou une valeur). Chaque scé-

¹ Expression d'Alain Pavé, ancien responsable du Programme Environnement du CNRS.

nario est caractérisé par trois éléments : ses valeurs fondatrices, les stratégies d'actions impliquées et les conséquences qui en découlent. Cette décomposition permettra de mettre en lumière d'une part les différences entre ces scénarios et, d'autre part la difficulté de changer de scénario étant donné leur cohérence et leur stabilité.

Dans un second temps, nous analysons les différents moyens permettant d'améliorer la performance environnementale d'une entreprise et suggérons la nécessité d'engager un macro processus d'apprentissage visant à transformer ces valeurs et représentations, comme élément primordial pour rendre possible la prise en compte de la durabilité en entreprise et ainsi contribuer à l'opérationnalisation au niveau de la société du concept de développement durable.

Les différents statuts de la dimension

« E »

Durant les deux derniers siècles, l'émancipation de la sphère technologique a progressivement révélé, à travers ses excès (rejets de CO² conduisant à des perturbations bio-géochimiques, destruction d'écosystèmes réduisant la biodiversité, raréfaction de certaines ressources dues à des rythmes d'extraction trop importants, accidents écologiques majeurs...), un nouveau champ de recherche, un nouvel espace de variables à intégrer/optimiser dans les décisions prises à tout niveau au sein de notre société. Ce nouvel espace de variables s'est continuellement enrichi, complexifié et autonomisé pour constituer ce que nous appellerons dans cet article une nouvelle dimension. Nous nommerons ainsi dimension « E » l'ensemble, pas toujours cohérent, de variables qui rendent compte, à une époque et un lieu donnés, de notre compréhension des relations avec la biosphère ; dans son acceptation la plus restrictive, cette dimension « E » se limite à la prise en considération d'une variable isolée (telle la quantité de fumée ou la consommation d'énergie) ou d'un jeu restreint de variables (par exemple l'intensité des rejets physiques dans l'air ou dans l'eau). Dans le sens le plus global, elle sera équivalente au concept de Développement Durable, c'est-à-dire qu'elle intégrera à la fois les rejets (aspects physiques), leurs conséquences environnementales (les impacts) et les effets de ces impacts sur les plans économique et social, non seulement sur le court terme mais aussi sur le long terme.

Pour rendre compte de ces différentes façons d'intégrer la dimension environnement, nous avons élaboré à partir des modèles de comportement d'entreprise définis par Argyris (1999) trois scénarios :



Figure 1 Dimension « E » = contrainte.

riros : la dimension « E » comme une nouvelle contrainte limitative, comme un nouveau critère de fonctionnement et comme une nouvelle valeur de développement de l'entreprise. L'intérêt de ces représentations est d'une part de montrer la cohérence et donc la stabilité de chaque scénario (à travers l'interdépendance des éléments qui caractérisent ces scénarios) et d'autre part de mettre en exergue les profondes remises en causes que le passage d'un scénario à l'autre implique (en terme de cadre de référence/valeur, de stratégies d'actions pour parvenir aux résultats).

La dimension « E » comme une nouvelle contrainte

Le premier scénario (Fig. 1) repose sur des valeurs assimilant le monde à un espace infini et prenant appui sur une confiance quasi-aveugle du progrès technique ; avec cette vision, la nature, le milieu naturel apparaissent à la fois comme une ressource à exploiter sans limite et comme un réceptacle sans fond aux rejets et déchets de l'activité industrielle.

Ces valeurs mettent en forme la stratégie de développement de l'entreprise (production de masse, produits à obsolescence rapide...). La stratégie « environnementale », pour autant que l'on puisse parler de stratégie consciente à ce stade, consiste à éloigner/diluer (voire supprimer) les rejets toxiques conduisant à des problèmes de santé ou à des pollutions avérées et reconnues comme dangereuses et à minimiser (ou à leur trouver des matériaux de substitution) les consommations de ressources naturelles identifiées comme trop coûteuses... La stratégie environnement de ce scénario est indirecte (ce sont les conséquences/nuisances perçues comme exagérées sur le plan de la santé ou sur le plan économique qui conduisent à s'intéresser à l'environnement), et attentiste – donc curative – (ce sont les pressions de l'opinion publique, des riverains, des associations qui par leurs réactions face aux nuisances émises imposent des mesures). En termes d'organisation et de communication de l'entreprise, la prise en compte indirecte de l'environnement conduit à adopter une attitude défensive, voire de négation des problèmes environnementaux, ce dont rend compte l'absence de fonction environnement dans l'entreprise.

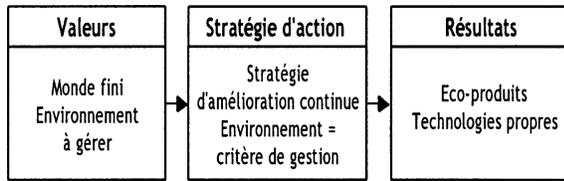


Figure 2 Dimension « E » = critère.

Il résulte de la mise en œuvre de cette stratégie essentiellement des modifications superficielles sur les produits (substitution) et des corrections marginales de procédés de fabrication, avec notamment l'adjonction de mesures de types *end of pipe* comme les stations d'épurations, les filtres à fumées, les incinérateurs, les compacteurs de déchets...

La dimension environnement n'a pas dans ce scénario un sens global : elle est parcellaire et n'existe que comme annexe d'autres dimensions. Par ailleurs, la prise en compte de cette dimension se traduit essentiellement par des limitations dans l'utilisation de certaines substances et par des corrections de procédés industriels : nous considérerons ainsi que la dimension environnement pour ce scénario a un statut de contrainte locale supplémentaire.

La dimension « E » comme un nouveau critère

Le deuxième scénario (Fig. 2) repose sur une vision moins simpliste de l'espace qui nous entoure et moins optimiste du progrès technique : un monde fini qui (s'il ne doit pas être exploité au maximum comme le suggère le scénario précédent) autorise paradoxalement une croissance constante.

L'environnement étant « borné » mais aussi partiellement monétarisé par des réglementations basées sur le principe du pollueur-payeur il apparaît alors comme un « espace » multidimensionnel à gérer, avec des ressources – notamment énergétiques – à consommer en tenant compte de leur vitesse d'épuisement (d'où la notion de cycle de vie des matériaux et des produits) et des rejets à dimensionner en fonction des capacités de régénération du milieu naturel concerné (essentiellement les rejets issus du site de production). Sur le plan de l'organisation et de la communication, l'entreprise qui relève de ce scénario, affiche sa volonté d'internaliser l'environnement et d'engager un processus d'amélioration continue sur le plan environnemental, en nommant un responsable environnement généralement légitimé par un système de management environnemental (ISO 14000 ou Eco-audit).

Par rapport au scénario précédent, la dimension environnement s'est précisée et autonomisée (voir



Figure 3 Dimension « E » = valeur.

par exemple les typologies qui ordonnent les problèmes environnementaux en fonction des échelles géographique et temporelle de leurs conséquences) ; elle a acquis dans ce scénario le statut d'un critère de gestion, qui met en forme les investissements de production (technologies propres), le choix du lieu d'implantation des usines, les choix des fournisseurs (ISO 14000)... Dans une moindre mesure, ce critère influe sur la définition du produit (notion d'écoproduit) : par le biais de substitution de matériaux (qui répond ici non plus à des considérations économiques comme dans le scénario précédent mais plus à une optimisation des impacts environnementaux sur le cycle de vie), de mesures d'optimisation de la consommation d'énergie, de modifications architecturales améliorant l'aptitude à la valorisation des produits en fin de vie...

La dimension « E » comme une nouvelle valeur

Le dernier scénario (Fig. 3) s'appuie sur une perception systémique de l'environnement, qui a la prétention d'intégrer les conséquences environnementales, économiques et sociales des rejets et ponctions opérés par une activité sur et dans le milieu constituant notre cadre de vie. Cette approche a pris existence avec l'invention du concept *sustainable development* (expression controversée en français) en 1987. Il est aujourd'hui difficile de donner une illustration précise de ce concept ; nous énumérons ci-dessous quelques exemples partiels :

1. Kalundborg (Danemark), exemple d'un parc éco-industriel (groupement d'entreprises sur une même zone géographique au sein duquel les échanges de flux de matière et d'énergie sont facilités) permettant l'optimisation globale des rejets du groupement d'entreprises dans l'environnement ;
2. ZERI *Foundation* (*Zero Emissions Research Initiatives*), qui a développé un programme autour du concept « zéro émission », tout particulièrement pour les pays en voie de développement (Guatemala, Brésil, Nigeria...).

De cette vision découle une stratégie environnementale qui reconnaît la responsabilité environnementale de l'entreprise sur l'ensemble des impacts environnementaux générés par le produit et ce, sur l'ensemble de son cycle de vie (voire de ses cycles de vie). L'on peut qualifier cette stratégie de proactive (l'action à caractère environnemental ne résulte plus des pressions externes mais bien d'une volonté interne à travers ce qu'on pourrait nommer une attitude citoyenne de l'entreprise) et d'amélioration radicale/innovation (puisqu'elle sous-entend une réduction par un facteur 4 à 10 des impacts d'une activité sur l'environnement).

La mise en œuvre de cette stratégie conduit l'entreprise à adopter des mesures « début de tuyau » qui visent à éviter l'apparition des problèmes environnementaux, voire à restaurer l'environnement. Les conséquences, telles qu'on peut les imaginer aujourd'hui, consistent en de nouvelles formes de relations entre les acteurs de la filière produit (notion d'écosystème industriel) et, au niveau du produit, en une nouvelle manière d'assurer les fonctionnalités attendues par un produit (notion d'éco-innovation), basée notamment sur le concept de dématérialisation et sur l'optimisation de l'utilisation des consommations intermédiaires rendue possible avec les nouvelles technologies d'autorégulation ou d'intelligence artificielle. Avec ce scénario, le statut de la dimension environnementale a évolué pour devenir un critère fondamental, une véritable valeur de développement de l'entreprise.

La prise en compte de la dimension environnementale par les entreprises : leçons des expériences passées

De nombreuses expériences ont été menées pour améliorer la performance d'une entreprise sur la dimension E, notamment par des approches se bornant à modifier les *outputs* physiques de l'entreprise ou visant à infléchir les pratiques de conception par l'introduction de nouveaux outils ou méthodes environnementales.

Modifications centrées sur les résultats

Dans cette catégorie, nous regroupons les approches tentant d'améliorer la performance environnementale de l'entreprise par une « simple » modification des procédés (de fabrication ou de dépollution) ou de matériaux/composants du produit.

Les modifications de procédés comme l'adjonction de station d'épuration, de système de recy-

clage, d'incinérateur... ne constituent pas une réelle amélioration sur le plan environnemental car ces procédés ne sont que des « concentrateurs » de pollutions (Esquissaud, 1990). Par ailleurs, comme l'a montré Leborgne (1997) sur le cas des pare-chocs d'automobile, le choix d'un procédé de valorisation d'un produit sans modification de celui-ci conduit à des contraintes très fortes sur le procédé et sur les flux à traiter.

Les modifications de produits peuvent constituer une voie d'amélioration de la performance environnementale d'une entreprise mais elles présentent l'inconvénient majeur de ne viser généralement qu'une optimisation locale aux dépens du global. Le choix d'un matériau plastique en substitution d'un matériau métallique plus lourd dans la conception d'un véhicule automobile pourra ainsi réduire la consommation de carburant mais dans le même temps rendre impossible sa valorisation en fin de vie (Jacqueson et al., 2000). Berkani (1999) nous fournit un autre exemple dans le secteur de la fabrication des climatiseurs, où la modification du fluide frigorigène peut ne conduire qu'à un transfert de pollution (atteinte à la couche d'ozone → effet de serre).

Modifications centrées sur les outils et méthodes

D'autres travaux de recherche ont visé à modifier la performance environnementale par l'ajout d'instruments méthodologiques ; il suffit d'énumérer les appellations des différents outils et méthodes proposés dans la littérature durant les dix dernières années (voir les outils de type *Design for Environment* en Fig. 4) pour en mesurer la variété et la profusion. Nous avons largement contribué à ce mouvement en élaborant des méthodes d'éco-conception (Millet, 1995), (Millet et al., 2000). (Bistagnino, 1991), (Bistagnino et al., 1993, 1995, 1999), (Camous, 1995, 1997), en approfondissant la méthode Analyse de Cycle de Vie (Leborgne, 1997) ou une méthode simplifiée d'analyse de cycle de vie (Lanzavecchia, 2000), en établissant des outils de type *Design for Recycling* (Coppens, 1999 ; Tonnelier et al., 2002).

Force est de constater toutefois que la multiplication de ces méthodes ne s'est pas accompagnée d'un même foisonnement de produits à durabilité améliorée et les recueils d'écoproduits en sont la preuve, par le caractère généralement anecdotique des qualités environnementales qu'ils mettent en avant (Ademe, 1999), (Bqep, 1996).

La raison est que la modification des outils et méthodes est une condition nécessaire, mais pas suffisante pour faire évoluer le comportement in-

<u>Expressions anglo-saxonnes</u>	<u>Expressions françaises équivalentes</u>
eco-design	- éco-conception
green design	- conception verte
eco-efficiency	- éco-efficience
design for environment	- conception pour l'environnement
design for life cycle	- conception pour le cycle de vie
design for sustainability	- conception pour la durabilité
design for recycling	- conception pour le recyclage
design for recovery	- conception pour la récupération
design for product retirement	- conception pour la fin de vie
design for low energy consumption	- conception pour une faible consommation d'énergie
environmentally conscious design	- "environmentally conscious design"
pollution prevention by design	- prévention de la pollution en conception
eco-innovation	- éco-innovation
...	...

Figure 4 Panoplie des instruments méthodologiques environnementaux proposés dans la littérature.

dustriel en matière d'environnement. Cette constatation est confirmée par d'autres auteurs comme Gaucheron (2000) qui a tenté de compléter les critères de conception QCD (qualité, coût, délai) chez Renault SA, avec le R de recyclage, ou Bouni (1998) qui a cherché à mettre en place des indicateurs de développement durable ; dans les deux cas, l'introduction de critères supplémentaires ne suffit pas à engendrer naturellement une amélioration notable de la performance environnementale, car ces critères, entrant en concurrence avec d'autres critères plus « légitimes » au sein de l'organisation considérée, apparaissent comme secondaires et sont ainsi considérés a posteriori par les membres de celle-ci.

Un changement de paradigme

Nous pouvons ainsi affirmer qu'une approche limitée à la modification des *outputs* ou des éléments méthodologiques de l'entreprise ne suffit pas à transformer le statut de la dimension environnement (contrainte → critère → valeur). De nombreux auteurs ont tenté de décrire l'ampleur de ce changement à engager : Seurat (1989) note que pour y aboutir, l'entreprise devra successivement effectuer un changement anatomique (modification d'organigramme) puis un changement culturel (modification des valeurs) pour aboutir à un changement physiologique. O. Boiral et D. Jolly (1992) relèvent qu'il faut dépasser des freins d'ordre socio-organisationnel car « il est indispensable de changer les habitudes et les comportements de l'ensemble du personnel vis-à-vis de l'environnement ». Pour G. Winter (1989), les obstacles psychologiques peuvent être les plus difficiles à surmonter. Pour Schmidheiny (1992), il s'agit d'une véritable révolution culturelle pour l'entreprise. Enfin, pour M. Tipnis (1993 ; 1994), nous avons affaire à un changement de paradigme.

Nous retiendrons l'expression de changement de paradigme car elle traduit mieux le fait que l'intégration de la notion de durabilité dans l'entreprise nécessite, tout à la fois, une évolution des principes (ceux auxquels se réfère chaque membre de l'entreprise dans son activité), des organisations et méthodes ainsi que des produits – au sens large – de l'entreprise (Fig. 5).

Pour favoriser ce changement de paradigme (nécessaire pour transformer la contrainte en critère ou valeur de développement), il faut en effet dépasser en matière d'intégration les approches mono et uni directionnelles de type *bottom-up* ou *top-down*. Dans le sens *bottom-up*, la mise à disposition d'instruments environnementaux – par exemple un logiciel d'analyse de cycle de vie – risque d'être inopérante voire stérile tant qu'un cadre de référence pro-environnemental n'est pas établi ; car c'est la coexistence de ces actions et de ce cadre de référence pro-environnementaux qui par un jeu d'échos rend possible une évolution, une progression consciente. En l'absence de ce cadre de référence, nous nous trouvons face au modèle de *Mindless Change Process* dénoncé par Mintzberg et Wetsley (1992) comme présentant potentiellement de sérieux risques de dysfonctionnement.

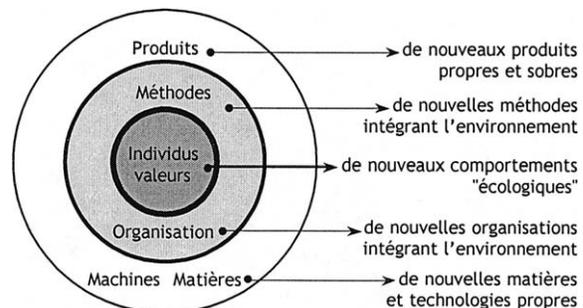


Figure 5 Ampleur de la transformation de l'entreprise d'après P. Morin (1994).

Dans le sens opposé *top-down*, l’affichage d’un cadre de référence pro-environnemental a priori au sein de l’entreprise (se déclinant sous forme de politique/stratégie) présente le risque ou bien d’être trop précis (et donc potentiellement de limiter la créativité des acteurs de l’entreprise provoquant une faible remise en cause du produit – que l’on songe au zéro décharge scandé dans le domaine automobile qui appelait la mise en place de centres automatisés de démantèlement automobile) ou bien trop global (et donc faiblement mobilisateur – par exemple les stratégies reposant sur une réduction de 10 % des rejets de l’entreprise). Selon nous, l’établissement d’une stratégie/politique efficace en matière d’environnement doit tirer sa légitimité et sa crédibilité d’une action itérative visant à comprendre et apprendre les règles, les seuils, les éléments significatifs, les leviers d’action... en d’autres termes en cherchant « par l’action et l’expérimentation » à réduire la méconnaissance des causes et conséquences environnementales de l’activité industrielle concernée.

Notre expérience nous amène ainsi à penser que ce changement de paradigme ne peut être obtenu que par un processus d’actions/réflexions itératif engageant tous les niveaux hiérarchiques et toutes les fonctions au sein de l’entreprise ; l’apprentissage collectif constitue alors le cadre dynamique permettant à l’entreprise de construire progressivement sa définition spécifique de la qualité environnementale, de développer sa propre démarche « environnement » et de structurer une organisation adaptée intégrant l’environnement... en d’autres termes d’inclure la durabilité dans la culture de l’entreprise. Toutefois, l’apprentissage ne doit pas être compris dans son acception restric-

tive, à savoir comme un processus linéaire d’acquisition de connaissances stabilisées (prise de conscience, compréhension, pratique, performance et maîtrise). Nous avons affaire ici à un apprentissage génératif au sens de P. Senge (1991), c’est-à-dire un apprentissage qui nécessite une réflexion systématique, une vision commune, un apprentissage collectif et une tension créatrice. Il ne s’agit pas « simplement d’importer » une connaissance préexistante (même si elle est nouvelle pour l’entreprise) et d’en gérer les conséquences mais de créer/générer au niveau de l’entreprise une nouvelle connaissance partagée (Jacqueson et al., 2001), conduisant à une nouvelle manière de concevoir et de faire, car comme le souligne Probst et Ulrich (1989) : « Les problèmes qui subsistent aujourd’hui sont pour ainsi dire les déchets de nos réussites d’hier, et plus nous tentons de les résorber avec nos moyens d’alors, plus leur masse augmente ».

Engager un macro-processus d’apprentissage

Le dépassement des approches *bottom-up* ou *top-down* dénoncées ci-dessus, impose d’engager un processus d’apprentissage global, qui transforme progressivement le statut de la dimension « E » dans l’entreprise (contrainte, critère, valeur). Celui-ci ne peut être imposé ni décrété, tout au plus peut-il être catalysé par une instrumentation judicieuse d’au moins trois entités organisationnelles de l’entreprise :

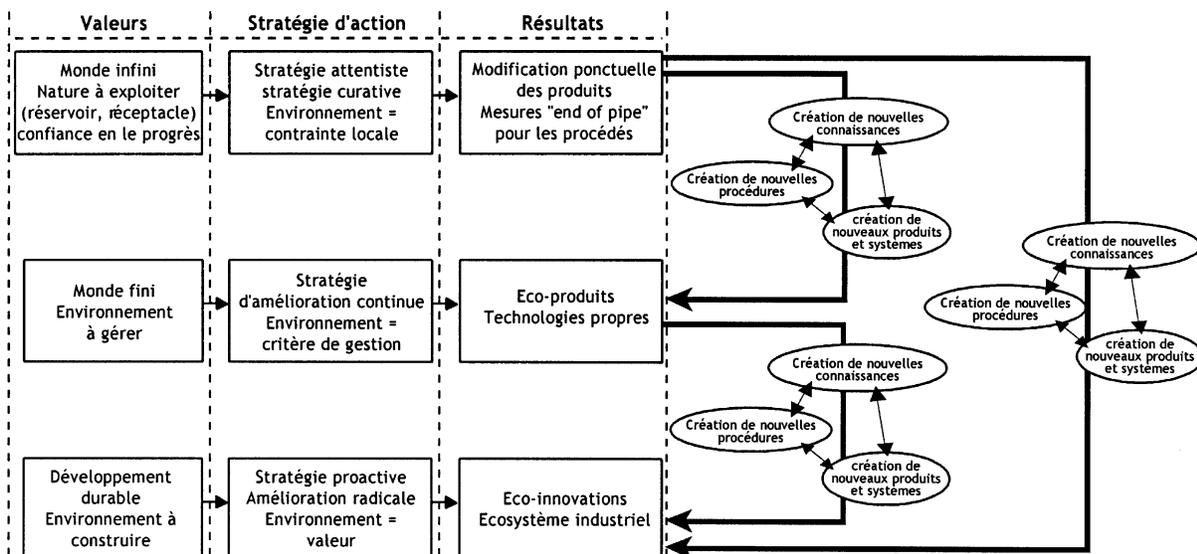


Figure 6 Le processus d’apprentissage proposé.

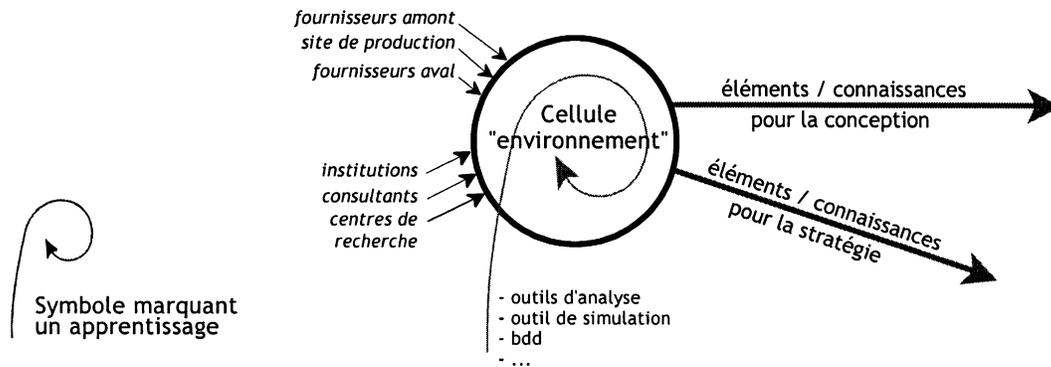


Figure 7 Création de connaissances environnementales ; Pôle prédominant : « Cellule environnement ».

- la Direction de l'entreprise, à qui il revient de définir la stratégie environnementale et de créer le contexte favorisant l'apprentissage ;
- la Cellule « Environnement » qui est le lieu d'émergence et de capitalisation de la connaissance environnementale ;
- l'Équipe de conception qui constitue le maillon expérimentateur des nouveaux outils et nouvelles connaissances environnementales.

Afin d'en montrer l'ampleur, nous avons décomposé, de façon exagérément linéaire, ce processus d'apprentissage instrumenté qui vise à élaborer/définir simultanément le contenu de la dimension « E » spécifié à l'entreprise, la stratégie liée à ce contenu et les outils/méthodes qui rendent cette dernière possible (Fig. 6). Les trois phases de ce processus permettent indifféremment de passer du scénario 1 au 2, du scénario 2 au 3 ou du scénario 1 au 3 ; le passage du premier ou troisième scénario sans étape intermédiaire nécessite toutefois bien plus de précautions, de ressources et de temps puisqu'il suppose de transformer le statut de la dimension environnementale directement d'une contrainte locale généralement négligée en une valeur de développement pour l'entreprise.

Création d'une nouvelle connaissance

C'est le début du processus (Fig. 7) avec un apprentissage centré principalement sur la cellule environnement qui doit faire émerger de nouvelles connaissances en utilisant des outils d'analyse, de simulation (comme un logiciel d'analyse de cycle de vie) et en s'appuyant sur les travaux de centres de recherche spécialisés en environnement, afin de clarifier la cible à atteindre. En effet, l'entreprise responsable doit tout d'abord comprendre les « défauts » de son produit sur le plan environnemental, ses faiblesses par rapport à des solutions alternatives ou bien par rapport à ses concurrents. Cette première tâche s'avère en réalité très délicate depuis que le champ d'appréhension spatio-temporel de l'environnement s'est élargi, passant

des analyses environnementales locales (sur le lieu de production) et mono-critères (par exemple le critère énergie (Ceren, 1981) aux analyses multicritères et cadrées sur le cycle de vie des produits (Setac, 1993) pour concerner aujourd'hui les indicateurs de développement durable (Masclé, 2001). Il y a ici un effort d'inventaire considérable à engager car l'identification, puis la quantification des rejets et consommations de ressources naturelles générées en amont de la production est loin d'être immédiate. À titre d'exemple, la Fédération de la plasturgie avec les constructeurs automobiles, a engagé un programme EDIT (*Eco Design Interactive Tools*) doté de plusieurs millions de francs pour identifier et assurer la traçabilité des substances indésirables contenues dans les composants d'un véhicule, car dans le domaine automobile comme ailleurs, l'évolution des relations clients-fournisseurs basées sur le respect de cahiers des charges fonctionnels, a conduit à une moindre maîtrise par le client de la composition des composants sous-traités. En aval de la production, un problème similaire se pose, accentué par la méconnaissance du devenir des produits usagés (qui le traite ? Par quel procédé ? Au bout de combien de temps et sous quelle forme ?).

Ainsi recueillies, ces données² doivent ensuite être agrégées, pour pouvoir faire l'objet d'analyses ultérieures. Cette agrégation soulève alors deux difficultés supplémentaires : la première découle de la modélisation du cycle de vie adoptée, qui peut (selon les hypothèses de recyclage en boucle ouverte ou boucle fermée par exemple) très largement modifier les résultats. Ainsi R. Leborgne (1997) a montré, concernant la valorisation des pare-chocs d'automobiles que leur recyclage était préférable à l'incinération avec récupération

² Il s'agit ici de traiter plusieurs centaines de données qui portent par ailleurs sur des paramètres traditionnellement négligés dans la conception des produits : quantité de NOx générés, Demande Chimique en Oxygène, taux de matière valorisée...

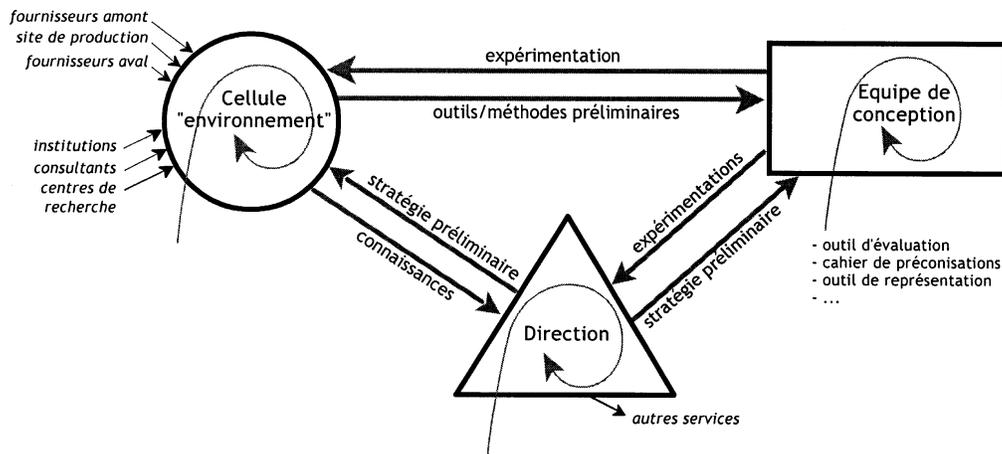


Figure 8 Création de procédures environnementales internes ; pôles prédominants « Entreprise ».

d'énergie si le taux de recyclage dépassait 90 %, compte tenu des technologies et des filières actuelles de valorisation. La seconde difficulté porte sur la formule mathématique de l'équation d'agrégation et l'incontournable part de subjectivité (et donc de controverse) qui en découle ; si un certain consensus se dégage sur les connaissances scientifiques relatives à certains effets (par exemple les coefficients d'équivalence des différents gaz à effet de serre), il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de hiérarchiser les effets entre eux (quel poids affecter à l'effet de serre par rapport à l'effet acidification ?), hiérarchisation qui ne peut être uniquement le reflet de la stratégie de l'entreprise.

Pour capitaliser cette nouvelle connaissance, des bases de données doivent être mises en place : bilans écologiques des matériaux, profils environnementaux des procédés de fabrication, informations sur les filières de traitements en fin de vie...

Cette première phase est délicate car elle est « non productive ». C'est pourquoi doivent être identifiées et analysées les pressions ou les opportunités dont peut être l'enjeu cette nouvelle dimension afin de donner un « moteur », une urgence à l'intégration. Ces pressions peuvent résulter de la législation (comme les directives sur les VHU dans le domaine automobile) ou bien de l'évolution du positionnement de la concurrence (comme une étude *benchmarking*) ou encore des « demandes » des clients ou de l'opinion publique.

Il résulte de cette phase une « définition » préliminaire de ce qu'est la dimension « E » pour l'entreprise considérée, caractérisée par :

- ce qui est et ce qui n'est pas pris en considération, (polluants dans l'eau, l'air ou le sol, altération du paysage, bruit, odeur, chaleur...);

- le champ d'appréhension spatial (production, utilisation, fin de vie, cycle de vie, cycles de vie...);
- le champ d'appréhension temporel (court, moyen ou long terme).

Création d'une nouvelle procédure

Cette phase (Fig. 8) survient après que la cellule « environnement » ait accumulé « suffisamment » de connaissances pour que par échange avec l'équipe de conception (mais aussi avec les acteurs de la filière) puissent être élaborés des éléments méthodologiques crédibilisant et légitimant l'action à caractère environnemental au sein de l'entreprise. Nous affirmons en effet que l'entreprise ne peut concevoir des produits plus compatibles avec un développement durable s'il n'existe en son sein une cellule « environnement » susceptible de modifier le jeu de pouvoir au sein de l'entreprise, donc disposant d'outils et de méthodes sur lesquels fonder sa crédibilité. Parmi ces éléments méthodologiques, les outils d'évaluation « environnement » (en version préliminaire) nécessaires à l'équipe de conception pour faire les bons choix, les outils de représentation (tels les diagrammes de flux) ainsi que les cahiers de préconisations « environnement » sont cruciaux car ils rendent concret et exploitable le contenu de la dimension « E » et conditionnent la marge de progression visée (et donc la vitesse d'apprentissage). Lors de cette phase, la mise à l'épreuve itérative de ces éléments méthodologiques dans le cadre des projets de conception conduit progressivement à leur enrichissement, ainsi qu'à la sensibilisation/mobilisation des fournisseurs et sous-traitants. C'est lors de cette deuxième phase que s'amorce la reconfiguration interne de l'entreprise, à la fois sur le plan organisationnel et sur le plan méthodologique.

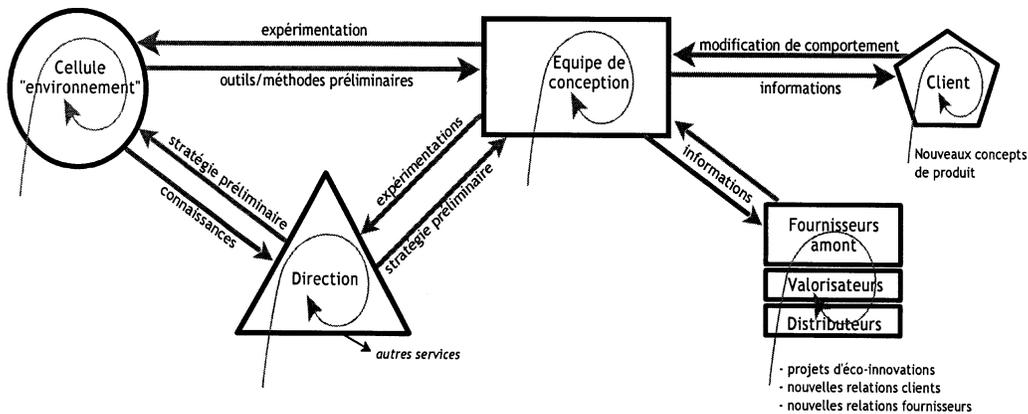


Figure 9 Création de nouveaux produits et systèmes industriels ; pôles prédominants : « Entreprise » + « Partenaires industriels » + « Clients ».

Il résulte de cette phase une définition plus « précise » de la dimension « E », conduisant à une ébauche de stratégie environnementale plus explicite car basée sur des outils et méthodes potentiellement actionnables en conception.

Création de nouveaux produits et systèmes industriels

Dans cette dernière phase (Fig. 9), les connaissances environnementales et savoir-faire en conception acquis dans les deux précédentes phases peuvent alors « entrer en résonance » avec la politique et la stratégie de l'entreprise. Orientée par une volonté stratégique et permise par des ressources internes disponibles (connaissances et outils/méthodes), la Direction peut alors influencer sur les projets de développement de produits en cours (par un arbitrage entre l'environnement et les autres critères traditionnels) et engager de nouveaux projets de développement de produit focalisés sur la durabilité.

Pour que ceux-ci ne restent pas à l'état virtuel, il est nécessaire d'une part de bénéficier de l'implication et de la participation active des fournisseurs amont, des distributeurs et des filières de traitement du produit usagé (le nouveau produit doit être adapté aux nouvelles filières de valorisation et réciproquement). C'est lors de cette troisième phase que doit s'amorcer une nouvelle forme de coopération avec ces acteurs de la filière, pour tendre vers un système industriel « écosystémique » (Kaestli, 1998).

Il est d'autre part crucial de construire une nouvelle relation avec le client, car les changements techniques en vue de rendre plus durable le produit, se traduiront inmanquablement par des modifications, d'ordre fonctionnel sur le produit et donc comportementales pour l'utilisateur, qui ne

sont pas toujours faciles à valoriser, comme le souligne Bonaiti (1995) : « il peut y avoir risque de discordance entre la recherche d'action efficace pour l'environnement et leur caractère généralement peu médiatique ». Les normes ISO 14025 sur les éco-labels de type I, II et III, ont pour objectifs de clarifier cette communication et de résorber un passif qui a jeté le discrédit sur les labels environnementaux (labels « préserve la couche d'ozone », « produit vert », ...).

C'est lors de cette dernière phase que peut se concrétiser une stratégie environnementale « consciente » en matière d'environnement, s'appuyant sur une définition explicite et spécifiée à l'entreprise de la dimension « E » ainsi que sur des instruments méthodologiques actionnables et opérationnels en conception.

Conclusion

Les trois scénarios élaborés dans cet article permettent de rendre compte de trois façons différentes d'appréhender la dimension environnement en entreprise : comme une contrainte locale supplémentaire, comme un nouveau critère de gestion et comme une valeur de développement de l'entreprise.

Il apparaît aujourd'hui de plus en plus urgent pour l'entreprise d'adopter un comportement relevant du deuxième ou du troisième scénario ; compte tenu de l'ampleur et de la diversité des problèmes environnementaux et de leurs conséquences à terme sur la société. Toutefois, cette évolution ne peut résulter d'un processus inconscient, suscité par quelques instruments économiques et/ou quelques réglementations laxistes. Elle ne peut pas plus émerger d'actions ponctuelles et parcellaires engagées par l'industrie ; nous avons pu constater le

faible rendement des approches cloisonnées, centrées sur la modification des résultats de l'activité industrielle ou sur l'ajout d'instruments méthodologiques. Il faut aujourd'hui engager un macro-processus d'apprentissage « conscient », visant à modifier profondément la manière d'appréhender l'environnement et de concevoir l'activité industrielle. Dans cette aventure, trois entités au sein de l'entreprise ont un rôle majeur à jouer : la première – la cellule environnement – doit être le lieu d'émergence et de capitalisation de la connaissance environnementale, la deuxième – l'équipe de conception – doit constituer le maillon expérimentateur des nouveaux instruments méthodologiques environnementaux et enfin, la troisième – la direction de l'entreprise – doit créer le contexte favorisant le phénomène d'apprentissage. Ce n'est qu'avec l'engagement soutenu et simultané de ces trois entités que de nouveaux artefacts et de nouveaux systèmes industriels peuvent émerger. Que le management faiblisse et alors la dimension environnementale sera considérée comme moins prioritaire, que l'équipe de conception cesse ses expérimentations et alors la connaissance créée restera à l'état « non-actionnable », que la cellule environnement ne joue plus son rôle d'initiateur et alors l'équipe de conception manquera d'informations comme la direction de l'entreprise pour définir sa stratégie. À travers l'explicitation du processus d'apprentissage en trois phases, nous espérons avoir montré l'ampleur du défi à relever : création d'une nouvelle connaissance, changement organisationnel et modification des outils méthodologiques de l'entreprise, établissement d'un nouveau mode de coopération avec les fournisseurs amont, aval et les distributeurs, élaboration d'une nouvelle relation avec le client...

Pour finir, nous insistons sur le fait que le changement de paradigme que nous préconisons, nécessite de modifier notre schéma d'apprentissage vis-à-vis de l'environnement : nous devons dépasser le schéma de l'explorateur qui ne se soucie pas des conséquences de sa présence sur le milieu conquis, nous devons dépasser le schéma de l'expérimentateur, qui cherche avec une approche essai-erreur à mieux comprendre ce qu'est l'environnement à travers les erreurs commises (délais de régénérations suite à une pollution majeure, mesure de la montée des eaux résultant du réchauffement climatique, disparition ou prolifération d'espèces résultant de l'emploi de substances perturbatrices...) pour adopter un schéma qui, en s'appuyant sur un principe de précaution étendue, vise à réduire de manière proactive notre champ d'ignorance en matière d'environnement.

Références

- Ademe, 1999. Conception de produits et environnement ; 90 exemples d'éco-conception. collection connaître pour agir. Ademe éditions, Angers.
- Argyris, C., 1999. Savoir pour agir ; surmonter les obstacles à l'apprentissage organisationnel. Dunod, Paris.
- Berkani, N., 1999. Élaboration de règles environnementales pour la conception d'un climatiseur. Mémoire de DEA CPI en partenariat avec la société CIAT. ENSAM, Paris.
- Bistagnino, L., 1991. Produrre Risorse. Politecnico di Torino, Italy.
- Bistagnino, L., Lanzavecchia, A., Petrillo, A., 1993. Ecodesign dei componenti ; il caso batterie. Possibilita evolutive e re-design ecologico dei prodotti. NT 93, Turin, Italy.
- Bistagnino, L., Lanzavecchia, A., 1995. Ecodesign. Oggetti, Processi, Materiali- Cd-Rom. Politecnico di Torino, Italy.
- Bistagnino, L., Lanzavecchia, A., 1999. Concurrent ecodesign: an environmentally friendly approach. Conférence Faurecia, Etampes.
- Bonaïti, J.P., 1995. Environnement : de l'adaptation à l'anticipation stratégique. Génie Industriel : les enjeux économiques. Sous la direction de M. Hollard Chapitre 10. Presses Universitaires de Grenoble.
- Bouni, C., 1998. L'enjeu des indicateurs du développement durable : mobiliser des besoins pour concrétiser des principes. Natures Sciences Sociétés 6 (3), 18-26.
- Boiral, O., Jolly, D., 1992. Stratégie compétitive et écologie. Revue Française de gestion : dossier « Comment gérer écologie », 81-96.
- Bqep, 1996. Ministère de l'Environnement, Catalogue de la prévention des déchets d'emballages. Bureau de la Qualité Écologique des Produits, Paris.
- Camous, R., 1995. Ecodesign. Workshop. Université de Montréal/Faculdade da Cidade, Rio de Janeiro.
- Camous, R., 1997. Eco-design ; le choix des matériaux. Séminaire de Recherche de l'Université de Montréal.
- Ceren, 1981. Contenu énergétique des produits et procédés. Support de formation n°4, Ministère de l'Industrie, Centre d'étude et de recherche sur l'énergie.
- Coppens, C., 1999. Élaboration d'un outil d'aide à la conception pour améliorer la valorisation des véhicules usagés. Thèse de doctorat de l'ENSAM, Paris.
- Esquissaud, P., 1990. Écologie industrielle. Hermann, collection des sciences et des arts.
- Morin, P., 1994. Approche socio-technique de l'ingénierie simultanée. In: Foulard, C. (Ed.), La modélisation en entreprise CIM-OSA et IS. Hermès, Paris.
- Gaucheron, T., 2000. Intégration du recyclage en conception : le modèle produit ; un outil descriptif et cognitif dans le processus de prise en compte du recyclage. Thèse de doctorat de l'INP Grenoble.
- Jacqueson, L., Millet, D., Aoussat, A., 2000. Démarche d'amélioration de la qualité environnementale des produits ; vers une nouvelle approche. Actes du colloque Qualita, Annecy, 79-85.
- Jacqueson, L., Millet, D., Aoussat, A., 2001. Integration of environment in the product design process: Proposal for a Learning Driving Tool. Actes de la conférence ISMICK 01, Compiègne, 271-284.
- Kaestli, F., 1998. Écologie industrielle et développement durable. Revue IAS 19, 292-298.
- Lanzavecchia, C., 2000. In: Paravia (Ed.), Il fare ecologico, Torino, Italy.
- Leborgne, R., 1997. De l'utilité à l'utilisation des Analyses de Cycle de Vie chez un constructeur automobile. Thèse de doctorat de l'ENSAM, Paris.

- Mascle, C., 2001. Méthode de conception de produits-procédés sains. Colloque International de Génie Industriel 2001, Marseille, 183-192.
- Millet, D., 1995. Proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et rejets engendrés par un produit sur son cycle de vie. Thèse de doctorat de l'ENSAM, Paris.
- Millet, D., Jacqueson, L., Boileau, Y., Aoussat, A., 2000. Prise en compte de l'environnement en conception : quel processus pour intégrer une notion « floue » dans un univers hypercontraint ? Actes du colloque PRIMECA, Chambéry, 10 à 22.
- Mintzberg, H., Westley, F., 1992. Cycles of organizational Change. Strategic Management Journal 13, 39-59.
- Probst, G., Ulrich, H., 1989. Penser global et management : résoudre les problèmes complexes. Éditions de l'organisation, Paris.
- Schmidheiny, S., 1992. Changer de cap. Dunod, Paris.
- Senge, P., 1991. La cinquième discipline. Edition First Interactive, Paris.
- Setac, 1993. Guidelines for life cycle assessment : a code of practice. SETAC workshop of Sesimbra.
- Seurat, S., 1989. La dimension écologique. Harvard-l'expansion 11/1989, 7.
- Tipnis, V.A., 1993. Evolving issues in product life cycle design. Annals of the CIRP 42 (1), 169-173.
- Tipnis, V.A., 1994. Challenges in product strategy, product planning and technology development for product life cycle design. Annals of the CIRP 43 (1), 157-163.
- Tonnelier, P., Millet, D., Le Coq, M., Richet, S., 2002. Intégration du recyclage en conception : cas de l'industrie automobile. Actes du colloque Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering 2002, Clermont-Ferrand (actes sur CD Rom non paginé).
- Winter, G., 1989. Entreprise et environnement. Mc Graw Hill, Paris.

Available online at www.sciencedirect.com

