HAL
open science

Démarche d'éco-conception en entreprise. Un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus

Marc Janin

To cite this version:

Marc Janin. Démarche d'éco-conception en entreprise. Un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus. Sciences de l'ingénieur [physics]. Arts et Métiers ParisTech, 2000. Français. NNT : . tel-00005632

HAL Id: tel-00005632

https://pastel.hal.science/tel-00005632

Submitted on 5 Apr 2004

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre : 2000-10

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Institut Conception, Mécanique et Environnement

Chambéry

THESE

Présentée pour obtenir le grade de

DOCTEUR

DE

L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
D'ARTS ET METIERS

Spécialité : GENIE INDUSTRIEL

PAR

Marc JANIN

DEMARCHE D'ECO-CONCEPTION EN ENTREPRISE
UN ENJEU : CONSTRUIRE LA COHERENCE ENTRE OUTILS ET PROCESSUS

Soutenue le 28 avril 2000, devant le jury d'examen :

M.	D.	FROELICH, Professeur E.N.S.A.M., Chambéry	Directeur de thèse
M.	A.	NAVARRO, Professeur I.N.S.A., Lyon	Rapporteur
M.	S.	TICHKIEWITCH, Professeur I.N.P., Grenoble	Rapporteur
M.	G.	COGNET, Professeur I.N.P., Grenoble	Examinateur
M.	H.	TIGER, Ingénieur de Recherche, CNRS, Grenoble	Examinateur
M.	A	AOUSSAT, Maître de Conférence E.N.S.A.M., Paris	Examinateur
Mme	N.	BOEGLIN, Ingénieur, ADEME Paris	Membre invité
M.	N.	FAYE, Responsable Bureau d'Etude, Philips Eclairage	Membre invité

Résumé

L'éco-conception est, depuis peu, une nouvelle problématique, que l'entreprise pourrait bien prendre en compte pour en tirer, à terme, un avantage concurrentiel. C'est concevoir des produits en ayant considéré, dès leur phase de conception, tous les impacts environnementaux qu'ils pourront engendrer sur l'ensemble de leur cycle de vie. Les équipes projet ont besoin de s'organiser pour s'approprier le paramètre environnement nécessitant de nouvelles connaissances liées à de nombreuses incertitudes. L'objectif principal de ces travaux était donc d'aider à construire la cohérence entre un processus de conception et des outils à disposition des équipes. Il s'est agi de : comprendre les diverses acceptions possibles de cette nouvelle forme de conception, identifier les principaux enjeux qu'elle représente pour une entreprise, observer les modes d'organisation au sein de sociétés pionnières dans ce domaine et rechercher les outils disponibles. Après proposition d'un modèle de processus d'éco-conception où il importe d'insérer les questions d'environnement dans une démarche de conception "classique", nous nous sommes attelés à la classification, la description et la critique de divers outils du panel actuellement à disposition des équipes. Nous avons ainsi identifié deux grandes catégories : certains, dits d'évaluation environnementale (qualitative ou quantitative), et d'autres, dits d'amélioration, permettant aux équipes d'avancer dans la recherche de nouvelles solutions d'éco-conception. D'autres outils encore existent en matière de sensibilisation, de communication et de choix de stratégies. Chacun d'eux devra être employé par un utilisateur approprié, disposant des connaissances requises, des moyens d'exploiter les résultats obtenus, et ce, durant certaines phases pertinentes du processus de conception. Une étude de terrain chez Philips a permis de constater que la mise à l'épreuve d'un outil d'évaluation environnementale est compromise si les enjeux demeurent incompris et les résultats inexploitables par l'équipe projet. A partir d'un engagement fort de la direction, les équipes ont besoin d'apprendre progressivement pour s'approprier une nouvelle démarche ; au cours de celle-ci, elles pourront utiliser des outils simples, pragmatiques, qu'elles sauront exploiter pour progresser et s'améliorer.

Mots-Clés

Environnement - Eco-conception - Organisation - Produits électriques et électroniques - Réglementation - Consumérisme vert - Outils - Evaluation environnementale - Conception - Processus - Conception simultanée - Equipe projet - Expert - Apprentissage - Philips - Ecoscan - ACV - Eco-indicateurs - Marketing - Bureau d'étude - Benchmarking environnemental.

Ecodesign approach in company – A stake : building a coherence between tools and design process

Abstract

Ecodesign is a new problematics that a company could take into account as a competition opportunity. Designers should consider the environmental impacts of product through its whole life cycle. Project teams need therefore to be organized in order to integrate the environmental parameter which requires new knowledge linked to numerous uncertainties.
Our main research goals has been to combine the design process and ecotools. We had to understand this new form of design, to identify the main stakes it represents for companies and to study organization in several ecodesign pioneer companies and research available tools. After proposal of an ecodesign process model, which concerns integration of environmental issues into a standard design approach, we worked on the classification, the description and a critical approach of several ecotools for project teams. We identified two major kinds of tools : environmental assessment ones (qualitative and quantitative) and improvement ones, allowing teams to find ecodesign solutions. Other tools are available, regarding awareness, communication and strategic choices. Each tool has to be used by the appropriate user having the required knowledge and disposing of the appropriate means to make profitable use of the results during the several phases of design process. A case study with Philips showed that the use of an environmental assessment tool is not adapted if the stakes are misunderstood and if the results are unworkable by project teams. With a strong commitment of the Management, people need to learn (by training) in order to fully integrate this new way of design. During this new approach, the teams should use simple and pragmatic ecotools, in order to improve its know-how.

Keywords

Environment - Ecodesign - Design for Environment - Life Cycle Design - Environmental Conscious Design - Organization - Electrical and electronic products - Legislation - Green Consumerism - Tools - Ecotools - Environmental Assessment - Design - Process - Concurrent Engineering - Project Team - DfE Champion - Training - Philips - Ecoscan - LCA - Eco-indicators - Marketing - Design Department - Environmental Benchmarking.

SOMMAIRE GENERAL

LISTE DES FIGURES **6**

LISTE DES TABLEAUX **9**

INTRODUCTION GÉNÉRALE **12**

PARTIE 1 : L'ÉCO-CONCEPTION DANS L'ENTREPRISE **26**

INTRODUCTION **29**

1. COMMENT DÉFINIR L'ÉCO-CONCEPTION ? **31**

1.1. Deux visions différentes majeures de l'éco-conception 31

1.2. Diverses approches d'une conception respectueuse de l'environnement 33

1.3. Un indicateur du développement durable : l'éco-efficacité 41

2. UNE PRÉOCCUPATION ENVIRONNEMENTALE D'ORDRE INTERNATIONAL **44**

3. LES DIMENSIONS DE L'ÉCO-CONCEPTION **47**

3.1. Dimension stratégique : les enjeux d'une démarche d'éco-conception .. 48

3.2. Dimension organisationnelle : comment s'organiser en interne et en externe ? 85

3.3. Dimension cognitive : comment constituer et divulguer les connaissances nécessaires ? 101

4. L'ARCHITECTURE D'UN PROJET DE CONCEPTION INTÉGRANT LA DIMENSION ENVIRONNEMENT **106**

4.1. Les objectifs 106

4.2. Les étapes du processus d'éco-conception 106

4.3. Les cinq tâches essentielles d'un projet d'éco-conception 134

4.4. Un exemple de processus d'éco-conception : un scénario proposé par Philips 137

4.5. Les facteurs de réussite 138

4.6. Les risques d'échec 140

CONCLUSION **142**

PARTIE 2 : LES OUTILS D'ÉCO-CONCEPTION : UNE AIDE OPÉRATIONNELLE POUR L'ENTREPRISE ? **144**

INTRODUCTION **147**

1. OUTILS D'ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES PRODUITS : UN MOYEN D'ÉTABLIR UN "ÉCO-PROFIL" **149**

1.1. Evaluation à dominante quantitative 149

1.2. Evaluation à dominante qualitative 170

1.3. Conclusion 185

2. OUTILS D'AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE DES PRODUITS **186**

2.1. Normes 188

2.2. Listes 190

2.3. Guides 195

2.4. Approches informatisées : les logiciels 200

2.5. Outils organisationnels 212

2.6. D'autres outils encore… 216

2.7. Points de vue sur les principaux outils d'amélioration de la conception environnementale des produits 218

2.8. Conclusion 220

3. LES OUTILS STRATÉGIQUES **224**

3.1. Matrice Eco-portfolio 224

3.2. Roue des Stratégies d'Eco-conception 227

4. LES OUTILS DE SENSIBILISATION **228**

4.1. EcoReDesign Tool Kit 228

4.2. Eco Know How 228

4.3. Eco-Quest 229

5. LES OUTILS DE COMMUNICATION **230**

5.1. Déclaration Environnementale de Produit 231

5.2. ECMA TR/70 "Product-related environmental attributes" 233

5.3. Roue des Stratégies d'Eco-Conception 234

5.4. Rapport Environnement 235

6. LES OUTILS DANS UN PROCESSUS D'ÉCO-CONCEPTION **234**

6.1. L'emploi des outils à travers les étapes du processus d'éco-conception 236

6.2. Le choix de l'outil et de son utilisateur 242

7. LES OUTILS DANS UN SYSTÈME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL **245**

CONCLUSION **248**

PARTIE 3 : CONFRONTATION AUX RÉALITES DU MONDE INDUSTRIEL : PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE GLOBALE D'ÉCO-CONCEPTION CHEZ PHILIPS ECLAIRAGE 250

INTRODUCTION 252

1. LES PREMIERS PAS VERS L'APPROCHE ENVIRONNEMENT-PRODUIT 257

1.1. Mise à l'épreuve d'un outil d'évaluation environnementale 259

1.2. Etude de Benchmarking environnemental 277

1.3. Conclusion et réflexions inspirées des deux études 283

1.4. Points de vue des services vis-à-vis de cette nouvelle approche de la conception 285

2. L'ENVIRONNEMENT AU CŒUR DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION 297

2.1. La démarche classique de conception : la Procédure de Création de Produit 298

2.2. Quid de l'intégration du paramètre Environnement dans la Procédure de Création de Produit ? 301

CONCLUSION 314

CONCLUSION GÉNÉRALE 316

BIBLIOGRAPHIE 323

ABRÉVIATIONS 338

GLOSSAIRE 341

ANNEXES 345

LISTE DES FIGURES

Introduction générale

Figure 1 : Cycle de vie d'un produit et ses modes de valorisation..... 18
Figure 2 : Représentation synoptique du mémoire de thèse. 25

Partie 1

Figure 3 : Modèles de conception : (a) Modèle classique de Jakobsen et (b) Modèle d'éco-conception [HOLLOWAY *et al.* 94]. 30
Figure 4 : Les dimensions de l'éco-conception [BRAS 97]. 34
Figure 5 : Principaux moteurs externes de l'éco-conception..... 48
Figure 6 : Principaux moteurs internes de l'éco-conception..... 65
Figure 7 : Courbes des coûts environnementaux pour deux types d'entreprise : une suiveuse et une proactive [BREZET *et al.* 94]..... 67
Figure 8 : Les quatre niveaux d'éco-conception. 72
Figure 9 : Les principaux acteurs internes et externes concernés par l'éco-conception. . 86
Figure 10 : Un modèle de structure organisationnelle dans un projet d'éco-conception. 95
Figure 11 : Un modèle de transmission d'informations dans un projet d'éco-conception. 105
Figure 12 : La recherche d'alternatives de conception au cours du processus de développement. 107
Figure 13 : Processus d'éco-conception proposé par le Groupe Philips..... 109
Figure 14 : Les principales étapes d'un modèle de processus de conception de produit. 110
Figure 15 : Modèle de processus d'éco-conception proposé par C. Bakker (1995)..... 111
Figure 16 : Comparaison de deux modèles de processus d'éco-conception avec un modèle de conception classique. 112
Figure 17 : Phases d'un processus industriel d'innovation..... 114
Figure 18 : Processus d'éco-conception : Intégration de la donnée environnementale dans le processus de conception "classique". 133
Figure 19 : Cinq tâches essentielles pour l'intégration de l'éco-conception dans l'entreprise. 136

Partie 2

Figure 1 : Les différentes étapes de l'Analyse de Cycle de Vie. 151
Figure 2 : Grille d'Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie de l'AFNOR - Exemple sur un produit fictif..... 160
Figure 3 : Schématisation de la méthode Eco-Indicator 95. 162
Figure 4 : La représentation des six critères de l'Eco-compass. 177
Figure 5 : Tableau de compatibilité des matériaux thermoplastiques (Green Pages de Philips, 1995)..... 192
Figure 6 : Treize principes d'éco-conception, extrait du manuel "Conception intégrant le cycle de vie – un manuel pour PME". 198
Figure 7 : Diagramme en arête de poisson inversée utilisé dans le cas d'une cafetière. 217
Figure 8 : Deux types de diagrammes en arête de poisson inversée. 217
Figure 9 : Matrice Eco-portfolio utilisée pour le choix de matériaux d'emballage..... 225
Figure 10 : Matrice BCG avec la dimension environnementale et les outils d'éco-conception adéquats. 226
Figure 11 : Exemple de représentation graphique de la Déclaration Environnementale de Produit de Volvo..... 233
Figure 12 : Niveaux de classification des outils d'éco-conception. 237
Figure 13 : Les outils dans un processus d'éco-conception : à quelle étape les utiliser ? 241

Partie 3

Figure 1 : Programme de Philips de 1994 : The Environmental Opportunity. 254
Figure 2 : Luminaire encastré Europa 2, étudié avec le logiciel Ecoscan. 260
Figure 3 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de chacune des phases du cycle de vie de l'encastré Europa 2 (en France). 263
Figure 4 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de chacun des composants de l'Europa 2 en phase de fabrication..... 264
Figure 5 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de chacun des composants de l'Europa 2, sans le ballast, en phase de fabrication. 265
Figure 6 : Histogramme représentant l'impact global (exprimé en mPt) de chacun des trois cycles de vie de l'encastré Europa 2 (CFL : en France ; CFL #2 : en Italie ; CFL #3 : en Autriche). 266
Figure 7 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) du traitement en fin de vie de chaque composant de l'Europa 2 (en France). Scénario avec recyclage + incinération..... 267
Figure 8 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) du traitement en fin de vie de chaque composant de l'Europa 2 (en France). Scénario incinération complète..... 267

Figure 9 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) du traitement en fin de vie de chaque composant de l'Europa 2 (en France). Scénario de mise en décharge du luminaire. 268
Figure 10 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de la fabrication des différents composants de l'Europa 2 (ou CFL) version HF. 271
Figure 11 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) des traitements de fin de vie de chacun des composants de l'Europa 2 version HF. 271
Figure 12 : Proposition de correspondance entre les phases de la PCP de Philips Lamotte-Beuvron et celles du modèle de processus de conception retenu..... 298
Figure 13 : La Procédure de Création de Produits chez Philips Eclairage, Lamotte-Beuvron. 300
Figure 14 : Environnement et Procédure de Création de Produit chez Philips Groupe : le modèle. 302
Figure 15 : La réflexion environnementale dans la PCP de Philips Lamotte-Beuvron..... 305
Figure 16 : Matrice des Eco-priorités (priorités des objectifs d'éco-conception). 309
Figure 17 : Eco-matrice : Choix d'éco-conception..... 310

LISTE DES TABLEAUX

Introduction Générale

Tableau 1 : Bilan sur les consommations de quelques ressources naturelles et taux de réduction de consommation souhaité pour un Développement Durable [WETERINGS *et al.* 92]. 14
Tableau 2 : Importance des réserves et indice de période d'abondance de quelques matière premières [ROUSSEAUX 93]. 14

Partie 1

Tableau 3: Différentes approches industrielles de la "conception environnementale". ... 40
Tableau 4 : L'industrie, les produits et les trois dimensions du développement durable [SIMON *et al.* 97]..... 43
Tableau 5 : Revue réglementaire européenne sur la reprise des produits électriques et électroniques en fin de vie (PEEFV). 55
Tableau 6 : Taux de réutilisation et de recyclage minimum préconisés par la future Directive Européenne sur les Produits Electriques et Electroniques en fin de vie..... 57
Tableau 7 : Ordre de choix des facteurs compétitifs d'un produit sur un marché vert. 68
Tableau 8 : Objectifs visés par une entreprise dans le cadre de projets de développement de produits verts..... 77
Tableau 9 : Stratégies et tailles d'entreprises. 77
Tableau 10 : Les différents niveaux d'éco-conception et les modifications qu'ils engendrent au niveau de l'entreprise..... 79
Tableau 11 : Axes stratégiques de conception et moyens d'actions envisageables dans un projet d'éco-conception..... 82
Tableau 12 : Règles de conception et opérations à prévoir pour optimiser la fin de vie d'un produit. 83
Tableau 13 : Différents types d'organisation environnementale et leurs fréquences dans les entreprises..... 91
Tableau 14 : Quelques modes d'organisation interne d'entreprises de la FIEEC en matière d'éco-conception. 94

Tableau 15 : Organisation interne : Responsabilité des analyses environnementales des produits ? 97
Tableau 16 : Matrice des exigences environnementales à remplir pour une phase du cycle de vie du produit, d'après G. Keoleian. 115
Tableau 17 : Matrice des exigences de coûts sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit, d'après G. Keoleian. 116
Tableau 18 : Concept "ARPI" sur la définition du projet et la détermination des spécifications du produit. 128
Tableau 19 : Problèmes rencontrés par les équipes de conception = risques de compromission du projet..... 142

Partie 2

Tableau 1 : Liste des outils d'évaluation à dominante quantitative des impacts environnementaux d'un produit..... 150
Tableau 2 : Quelques bases de données nécessaires à la réalisation d'ACV..... 154
Tableau 3 : Liste de logiciels d'ACV existants ou en cours de développement. 155
Tableau 4 : Points de vue sur les outils d'évaluation environnementale à dominante quantitative..... 169
Tableau 5 : Liste des outils d'évaluation à dominante qualitative de l'impact environnemental d'un produit..... 171
Tableau 6 : Points de vue sur les outils d'évaluation environnementale à dominante qualitative. 185
Tableau 7 : Liste 1 des outils d'amélioration de la conception environnementale du produit. 186
Tableau 8 : Liste 2 des outils d'amélioration de la conception environnementale du produit. 187
Tableau 9 : Logiciels d'éco-conception d'approche générale. 203
Tableau 10 : Logiciels d'éco-conception d'approche "DfX" : DfD..... 204
Tableau 11 : Logiciel d'éco-conception d'approche "Prévention de Pollution". 205
Tableau 12 : Logiciel d'éco-conception focalisé sur une phase du cycle de vie : la fabrication, avec le choix des fournisseurs. 205
Tableau 13 : Logiciels d'éco-conception focalisés sur une phase du cycle de vie : la fabrication, avec le choix des matériaux..... 207
Tableau 14 : Logiciels d'éco-conception focalisés sur une phase du cycle de vie : la fin de vie. 209
Tableau 15 : Points de vue sur les principaux outils d'amélioration de la conception environnementale des produits..... 220
Tableau 16 : Notes attribuées aux types d'outils d'évaluation en fonction de leurs caractéristiques..... 221
Tableau 17 : Notes attribuées aux types d'outils d'amélioration en fonction de leurs caractéristiques..... 223

Tableau 18 : Classement des outils selon leur niveau d'évaluation et d'aide à l'amélioration..... 223
Tableau 19 : Les différents types d'outils répertoriés et leurs utilisateurs potentiels. 244
Tableau 20 : Système de Management de l'Environnement et Conception pour l'environnement..... 246

Partie 3

Tableau 1 : Liste des critères et sous-critères pris en compte dans l'étude de Benchmarking environnemental..... 278
Tableau 2 : Etude de benchmarking par rapport aux 5 critères du programme ECO-VISION. 280
Tableau 3 : Nombre de pictogrammes affectés à chacun des encastrés en fonction des cinq critères du programme Eco-Vision. 282
Tableau 4 : Critères caractérisant les deux niveaux d'éco-conception définis chez Philips Eclairage. 303
Tableau 5 : Les outils à intégrer dans la PCP pour atteindre les niveaux "Ecodesign Standard" ou "Ecodesign Plus". 307

INTRODUCTION GENERALE

L'activité de conception est le lieu d'intégration des différents acteurs qui participent au développement de l'entreprise. On peut la considérer comme le cœur du processus d'apprentissage collectif qui permet l'innovation [HATCHUEL 94]. Depuis quelques années, l'activité de conception a été considérablement transformée par le concept de projet et le rôle attribué au "chef de projet". Celui-ci devient l'animateur de cette démarche collective qui associe concepteur, marketeur, acheteur, designer et les métiers aval de la production, y compris fournisseurs et équipementiers [MIDLER 95]. Sur le chef de projet reposent deux objectifs primordiaux pour l'entreprise : mettre sur le marché, **pour un coût objectif** et **dans un délai déterminé**, un produit répondant aux définitions de qualité qui lui ont été fixées. Pour atteindre ces deux objectifs, le métier de chef de projet s'est développé autour de méthodes entre autres fondées sur l'Analyse de la Valeur [DELAFOLLIE 91] et sur des concepts d'ingénierie concourante ou simultanée [FOULARD 94].
La prise en compte de l'environnement dès la conception des produits est depuis peu une nouvelle exigence de la stratégie des entreprises, soit qu'elles l'intègrent comme contrainte supplémentaire, soit qu'elles en fassent un avantage concurrentiel par anticipation sur l'évolution du marché et de la pression de la société [BONAÏTI 94].
Revenons un instant sur les origines de cette préoccupation environnementale industrielle et sur les raisons pour lesquelles elle doit être intégrée à l'amont du développement même des produits.

Ce souci de protection de l'environnement est en progression croissante en particulier depuis le choc pétrolier des années 70. La plupart des entreprises ont alors pris conscience des conséquences dramatiques d'une consommation à outrance de ressources naturelles épuisables. Ainsi, après la révolution industrielle de la fin du XIXème siècle, l'essentiel de l'effort technologique avait consisté à produire en quantité aux dépens des gisements de matières premières, sans se soucier des risques de compromettre les possibilités des générations futures de subvenir à leurs besoins et des risques écologiques engendrés par les pollutions.
Jusque-là en fait on se préoccupait assez peu de ces risques représentés par les rejets industriels et même si quelques scientifiques commençaient à s'intéresser aux relations

multiples que les organismes entretiennent avec leur environnement, cela ne suffisait pas à constituer la rencontre entre logique industrielle et problématique environnementale.
D'après la SETAC[1] [SETAC 93], ces principaux problèmes environnementaux engendrés par les ponctions (matières premières et énergies) et les rejets (émissions atmosphériques, effluents aqueux, déchets) des industries, sont des **consommations de ressources** (biotiques et abiotiques), des **pollutions** (effet de serre, destruction de la couche d'ozone, acidification atmosphérique, composés organiques volatils et poussières, ...) et des **dégradations** (occupation des sols).

Il faudra pratiquement attendre le début des années 70 pour voir poindre les premières contestations de l'opinion publique dues aux effets les plus visibles de certaines pollutions locales puis la fin des années 70 et les années 80 pour faire la lumière sur des accidents technologiques qualifiés de majeurs comme Seveso[2] 1976, Three-Miles-Island[3] 1979, Bhopal[4] 1984, Tchernobyl[5] 1986, Sandoz[6] 1987, ... Ces accidents furent rendus publics par les médias qui jouèrent donc un rôle fondamental dans cette prise de conscience générale vis-à-vis de l'environnement ; elles montrèrent ainsi les échecs des industries modernes et semèrent le doute et la peur quant aux nombreux risques représentés par les progrès de notre société.
Les deux crises pétrolières de 1973 et 1979 constituèrent d'autres signaux d'un autre ordre pour remettre en cause la légitimité des industries et motiver l'utilisation plus rationnelle des ressources naturelles.

Cette aspiration à une meilleure maîtrise des rapports entre l'homme et son milieu est aujourd'hui un thème culturel, médiatique et politique majeur. Cette problématique s'est traduite en 1987 dans le rapport Brundtland[7], intitulé "Our common future", par le concept de **Développement Durable**, qui correspond à une **forme de progrès répondant aux besoins du présent sans compromettre l'aptitude des générations futures à répondre aux leurs** [SCHMIDHEINY 92].

Un tel souci du bien-être des générations futures est issu de plusieurs études concernant la durée de vie des "stocks" de ressources naturelles dans l'hypothèse d'un maintien des consommations actuelles. Ce genre d'étude est très controversé puisque les chiffres

---

[1] SETAC : Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

[2] Seveso : Accident d'une usine chimique au nord de l'Italie, ayant eu comme conséquence indirecte la généralisation au niveau CEE de la directive 82-501 qui soumet désormais à un contrôle strict l'ensemble des sites dangereux.

[3] Three-Miles-Island : Accident d'un réacteur nucléaire, aux Etats-Unis.

[4] Bhopal : Accident survenu dans une filiale du groupe Union Carbide en Inde, provoquant la mort de plusieurs milliers de personnes.

[5] Tchernobyl : Accident jusqu'à présent le plus important du monde dans un site nucléaire, survenu en Ukraine.

[6] Sandoz-Bâle : Usine pharmaceutique dont l'incendie accidentel a provoqué une pollution majeure du Rhin.

[7] Rapport Brundtland : Rapport de la Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement dirigée par Gro Harlem Brundtland, Premier Ministre Norvégien.

annoncés vont fortement dépendre des hypothèses de calcul, de choix politiques, ... mais aussi de l'année au cours de laquelle l'étude a été effectuée. Quelles qu'elles soient, pourtant, ces études ont le mérite de montrer qu'il est urgent d'agir pour limiter les ponctions perpétuelles de ressources non renouvelables.
Ainsi les tableaux 1 et 2 suivants révèlent un constat alarmant sur la durabilité des ressources [WETERINGS *et al.* 92] & [ROUSSEAUX 93] ; le premier indique même le taux souhaité de réduction des consommations pour atteindre un développement durable ou soutenable.

Impact environnemental	Niveau attendu en 2040	Niveau estimé pour un développement durable	% Réduction souhaité
Consommation de pétrole	Stock épuisé	Stock pour 50 ans	**85%**
Consommation de gaz	Stock épuisé	Stock pour 50 ans	**70%**
Consommation de charbon	Stock épuisé	Stock pour 50 ans	**20%**
Consommation de cuivre	Stock épuisé	Stock pour 50 ans	**80%**
Diversité des espèces	Disparition de 365 - 65000 espèces par an	Disparition max de 5 espèces par an	**99%**
Emission de CO_2	13 Gtonnes par an	2,6 Gtonnes par an	**80%**
Perte de sol due à l'érosion	45-60 milliards de tonnes par an	9,3 milliards de tonnes par an	**85%**

Tableau 1 : Bilan sur les consommations de quelques ressources naturelles et taux de réduction de consommation souhaité pour un Développement Durable [WETERINGS *et al.* 92].

Ressources	Réserves (x 10^6)	Période d'abondance (Nombre d'années)
Charbon	1.598.000 tonnes	**300**
Pétrole	136.000.000 tonnes	**45**
Gaz naturel	142.000.000 m^3	**65**
Minerais de fer	646 tonnes	**65**
Bauxite	21.000 tonnes	**195**
Fer	66.000 tonnes	**440**
Zinc	169 tonnes	**25**

Tableau 2 : Importance des réserves et indice de période d'abondance de quelques matière premières [ROUSSEAUX 93].

La nécessité d'opérationnaliser ce concept de développement durable, pour le rendre accessible aux entreprises, doit se traduire par deux mouvements engagés simultanément [TIGER *et al.* 98] :

- Le premier incombe aux états et organismes internationaux et consiste à créer un contexte législatif (normes d'émissions, interdictions, règles de procédures : demandes d'autorisation ou de déclaration pour les installations classées), économique (taxes, outils fiscaux) et technique (créations de centres de valorisation, de filières de recyclage) compatible avec ce concept.
- Le second incombe à chaque acteur de la société qui, par son comportement responsable et volontaire, doit conduire à dimensionner à sa juste mesure l'ensemble des ponctions et rejets associés à ses activités.

L'engagement des entreprises dans la progression vers le développement durable a donc été motivé par le contexte socio-politique qui s'est traduit tout d'abord par un renforcement des pressions réglementaires. Les contraintes se faisant de plus en plus fortes, il s'est agi pour bon nombre d'entreprises d'intégrer l'environnement dans leur fonctionnement. Cette intégration fut progressive, depuis le simple respect des lois dans les années 70, les traitements curatifs des pollutions dans les années 80, jusqu'aux technologies propres dans les années 90 [KHALIFA 98].
Ainsi dans les années 70, prendre en compte l'environnement c'était essayer de respecter les normes imposées en s'y pliant pour éviter les risques. Au cours de la décennie suivante, les industriels ont tenté de réduire les pollutions en introduisant des techniques de dépollution en bout de chaîne : les **traitements curatifs**, dits **end of pipe**, des déchets, des pollutions de l'eau, de l'air, du sol. Ces traitements encore largement utilisés aujourd'hui se sont néanmoins révélés insatisfaisants en termes de performances écologiques ; ils peuvent en effet engendrer des déplacements de pollution (un traitement d'eau peut par exemple conduire à la formation de boues qui devront être traitées à leur tour) et coûtent de plus en plus cher compte tenu de l'évolution croissante et rapide des contraintes réglementaires.
Une approche amont plus stratégique s'est donc peu à peu développée vers la fin des années 80. Il s'agit d'une stratégie préventive où l'on intègre les trois dimensions de la gestion : financière, environnementale et sociale. C'est l'ère de la minimisation des déchets, de la production propre, de la **prévention de pollution**. Certains évoquent le terme d'approche **middle of pipe** [CHARTER *et al.* 99].
L'objectif d'une telle approche est de prévoir et d'anticiper les problèmes environnementaux futurs éventuels afin de s'y préparer et d'engager des actions pour les éviter. Cette démarche nécessite **un changement du paradigme productif** qui correspond au passage d'une simple adaptation technique du système productif afin d'intégrer l'environnement (filtres, stations d'épurations, ...) à sa remise en cause [BONAÏTI 94] ; c'est l'évolution d'une stratégie simplement **réactive** basée sur une

approche **palliative** vers une stratégie **proactive** basée sur une approche **intégrative** et ce, pour en tirer un nouvel avantage concurrentiel.
D'après H. Tiger « *cet avantage concurrentiel n'est cependant pas assimilable à un avantage à court terme, puisqu'il ne résulte pas d'un ajustement optimum au désir des consommateurs. Il s'agit plus fondamentalement d'une concurrence sur le long terme : un long terme où se joue la survie des entreprises qui à la fois sauront tenir leurs objectifs productifs de base, intégrer les contraintes environnementales ainsi traduites et reconstruire leur légitimité dans le débat public »,* [TIGER *et al.* 98].

Cette notion de changement de paradigme ou modèle productif implique tout à la fois une évolution des principes auxquels se réfère chaque acteur de l'entreprise dans ses tâches quotidiennes, évolution signifiant la nécessité de nouveaux comportements écologiques, mais aussi une évolution des organisations, des méthodes (de conception en particulier) et des produits.
Pour réussir une telle réorganisation socio-organisationnelle, S. Seurat rapporte qu'une entreprise devra successivement effectuer un changement anatomique - modifications de l'organigramme - , un changement culturel - modifications des valeurs - puis un changement physiologique [SEURAT 89].

Si d'aucuns estiment que ce changement de paradigme peut être antinomique avec la compétitivité économique, d'autres avancent qu'une telle opposition est une dichotomie fausse et artificielle [PORTER *et al.* 95] : « *une réglementation écologique stricte n'a pas inévitablement un impact négatif sur l'avantage concurrentiel ; en fait, bien souvent elle contribue même à l'amélioration ... Des réglementations adéquates, qui se concentrent sur les résultats et non sur les méthodes, encouragent les entreprises à revoir leurs procédés de fabrication. Le résultat est, dans bien des cas, un procédé nouveau qui non seulement pollue moins, mais aussi diminue les coûts ou améliore la qualité des produits proposés.* »
Dans un contexte environnemental, en effet, l'idée générale qui sous-tend l'évolution de l'ordre productif (de réactif à proactif) est qu'il ne faut pas attendre l'urgence, une catastrophe écologique ou une nouvelle réglementation nécessitant de lourds investissements pour agir. Contrairement à ce que l'on pourrait penser "se contenter de parer au plus pressé" n'est pas souvent la solution la plus économique et certainement la plus risquée. La prévention coûte en effet généralement moins cher que la réparation.

Un autre signe de cette volonté de progresser vers le développement durable, s'est manifesté par un renforcement des pressions normatives avec la publication, récemment (1996), de nouvelles normes ISO 14000 sur les techniques de management environnemental[8] [AFNOR 96a]. Bien que l'adoption de ces normes soit souvent le fait d'un volontariat de la part des entreprises, ces dernières peuvent ou pourront à terme parfois y être contraintes par leurs partenaires. Les entreprises industrielles étant clairement désignées comme responsables de la crise environnementale et principales détentrices des solutions pour l'enrayer, elles ont en effet un rôle majeur à jouer au sein de la société, pour parvenir à ce développement durable. D'ailleurs d'après S. Schmidheiny [SCHMIDHEINY 92], « *le monde n'accomplira aucun progrès notable vers un développement durable si l'entreprise ne joue pas un rôle moteur prépondérant* ».
En fait aujourd'hui, et de plus en plus, toute entreprise soucieuse de perdurer sur le marché se doit de prendre en compte l'impact de ses activités sur la nature car l'un de ses soucis majeurs est aussi de conserver une bonne image de marque auprès de ses clients et de l'opinion publique, dont les préoccupations environnementales grandissantes sont véhiculées par les médias[9]. Les pollutions et nuisances ne sont plus vécues comme des conséquences inéluctables d'un développement industriel signe de progrès, comme au siècle précédent, mais comme des dysfonctionnements qu'il convient de faire disparaître.

Au cours des années 90, l'approche anticipatrice de certaines entreprises s'est encore approfondie et la notion de prévention de pollution a peu à peu dépassé le périmètre même de l'entreprise : d'une approche focalisée sur l'activité de production et les processus de fabrication des produits, les entreprises se sont orientées vers une approche plus globale orientée produit où l'on se préoccupe des impacts environnementaux d'un produit manufacturé non plus seulement en phase de fabrication mais sur l'ensemble de son cycle de vie. C'est une approche dite « **du berceau à la tombe** » [BRALLA 96], qui prend en compte les désutilités environnementales d'un produit depuis l'extraction des matières premières le constituant jusqu'à son traitement en fin de vie. Cette préoccupation environnementale prend place dès la conception même du produit.
L'objectif d'une telle stratégie est de réduire voire supprimer les impacts à la source. Ainsi plus de 80% des nuisances d'un produit tout au long de son cycle de vie sont déterminés en phase de conception [DE WINTER *et al.* 94]. En termes économiques, on parle de 90% des coûts engagés en fin de conception pour seulement 10% de dépenses réelles cumulées [BARTH 93].

[8] Les premières normes ISO 14000 ont été publiées en Septembre 1996. Elles reflètent les deux approches les plus courantes dans les entreprises : l'*organisation*, c'est-à-dire la maîtrise des processus et le *produit*, par la gestion de son cycle de vie.

[9] Information et vulgarisation, les deux principaux rôles des médias, ont amplifié les peurs des clients et de l'opinion publique en général en contribuant à relativiser la confiance aveugle dans la science.

Il paraît donc fondamental d'agir dès la phase de conception des produits et le plus en amont possible dans le processus de conception, qui constitue ainsi **un lieu et un vecteur pertinent d'intégration de la dimension environnementale dans l'entreprise**, comme l'ont précédemment montré quelques travaux sur le sujet [MILLET 95]. On parle d'une approche **d'éco-conception** ou conception de produits plus respectueux de l'environnement. Les termes anglophones équivalents sont l'**Ecodesign** , le **Design for Environment (DfE)** ou bien encore le **Life Cycle Design (LCD)**.

Intégrer l'environnement dès la conception, c'est donc **penser cycle de vie** dès l'origine même du produit, prévoir l'ensemble des ponctions et rejets engendrés par ce produit tout au long de sa vie afin d'éviter le gaspillage des ressources naturelles, de l'énergie et les pollutions d'une part et d'éviter certains traitements coûteux en fin de vie d'autre part.
Deux dimensions sont donc concernées : l'une environnementale et la seconde économique.
En matière d'environnement, il va s'agir entre autres de surveiller le contenu chimique du produit (présence éventuelle de substances toxiques visées par la réglementation), de maîtriser sa consommation énergétique (notamment en phase d'utilisation pour les produits électriques et électroniques, par exemple) et de penser le traitement du produit usagé dès sa naissance, en termes d'aptitude au démontage, à la réutilisation, au recyclage, ... en fonction de ses devenirs possibles, comme le montre la figure 1 suivante.

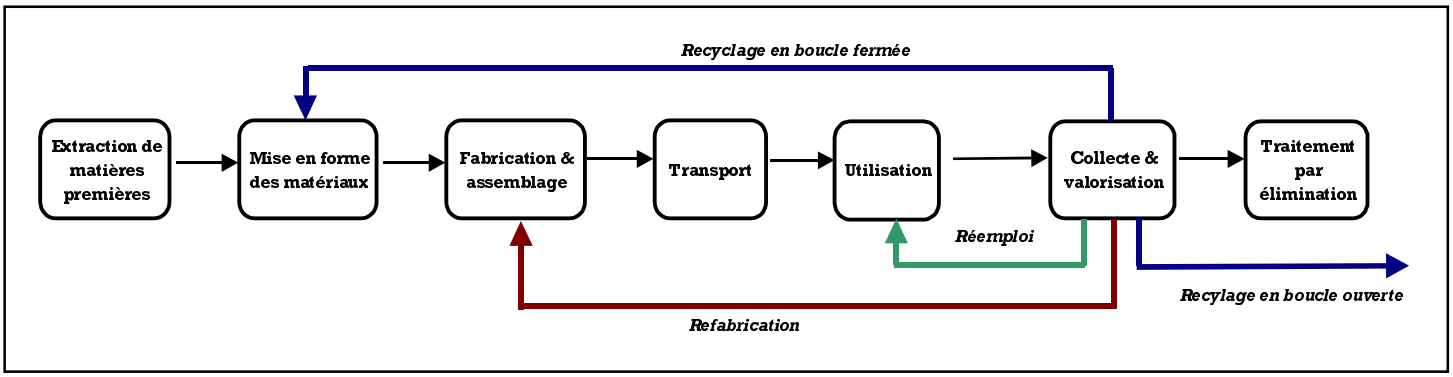


Figure 1 : Cycle de vie d'un produit et ses modes de valorisation.

Source : G. KEOLEIAN, Life Cycle Design Framework and Demonstration Projects ; Profiles of AT&T and AlliedSignal, EPA (USA), 1995.

En matière d'économie, cette approche anticipatrice peut permettre des réductions de dépenses non négligeables. Ainsi pour des produits, leurs composants et matériaux valorisables en fin de vie, on peut compter sur une économie pour le fabricant en lui évitant notamment de payer des taxes de plus en plus dissuasives sur la mise en décharge des produits usagés.

Le métier de la conception s'en trouve en fait modifié puisque pour certains l'on ne conçoit plus un produit mais un cycle de vie de produit [BREZET *et al.* 97].
D'autre part, une manière différente de penser les produits laissera davantage de champ libre à l'imagination du concepteur, à l'innovation. Ne dit-on pas que l'Environnement est moteur d'innovation ?

Force est de constater, cependant, que cette nouvelle approche de la conception n'est pas des plus simples. En effet l'environnement doit être intégré le plus possible à l'amont de la démarche de conception tout en conservant les deux objectifs de rapidité d'introduction sur le marché et de coût minimal. Les concepteurs étant toutefois déjà soumis au quotidien à bon nombre de contraintes comme la technologie, le coût, le délai, la performance ou encore la qualité, comment leur demander d'en intégrer une autre sans risque de réticence de leur part ?
Par ailleurs, la démarche fait appel à de nouvelles connaissances et compétences d'autant plus difficiles à appréhender qu'elles sont liées à de fortes incertitudes sur des contraintes multiples et d'ordre différent [TIGER *et al.* 98] :

- ✔ sur les connaissances techniques et scientifiques et sur les lieux où elles se créent,
- ✔ sur les acteurs concernés et la nature de leurs interactions,
- ✔ sur la temporalité des phénomènes à prendre en compte (durabilité effective des produits),
- ✔ sur les techniques à mettre en œuvre en fin de vie des produits pour assurer leur retrait et leur traitement,
- ✔ sur les acteurs et le devenir d'une économie de recyclage,
- ✔ sur la réglementation et les conditions locales de son application.

Le principe de "Développement Durable", qui traduit l'idée que le développement doit répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité de satisfaire les besoins des générations futures, ne fixe malheureusement pas d'objectifs concrets et ne donne aucune voie pour y parvenir, ce dont les concepteurs ont absolument besoin pour agir.
Il est donc nécessaire d'opérer non seulement la traduction des principes généraux sur l'environnement dans l'univers des concepteurs et des technologues, c'est-à-dire de les traduire en contraintes et en objectifs, mais aussi de faire exister durablement ces nouveaux objectifs dans leur système d'action.
Pour tenter cet exercice de traduction et répondre en particulier au besoin des concepteurs, plusieurs équipes de recherche au niveau international travaillent depuis presque une dizaine d'années sur cette nouvelle problématique. Nombre de projets ont déjà conduit au développement d'**outils** dits **d'éco-conception**, selon une approche

sémantique générique. Ces outils, par essence même, ont pour objet d'aider une équipe à concevoir des **éco-produits**.
Certes nécessaires, ils ne sont en aucun cas suffisants : pour un usage satisfaisant, ils doivent en effet s'intégrer dans un contexte organisationnel de travail sans cesse optimisé [LENOX *et al.* 97b]. Eco-concevoir nécessite en effet une mobilisation générale, en interne, de l'équipe de conception constituée d'un représentant de chaque service concerné par le développement d'un produit, mais également en externe puisque les fournisseurs, les distributeurs, les clients et même les collecteurs-recycleurs se doivent d'être impliqués avec chacun une mission bien spécifique et des procédures à suivre.
En fait, un outil ne prendra son sens que lorsqu'il sera mis en tension dans l'entreprise, et ce en créant une organisation adéquate.

Pour une entreprise désireuse de concevoir des produits "verts", plusieurs questions se posent : quelle vision adopter, à court terme ?, à long terme ?, quelle stratégie choisir ?, comment s'organiser ?, qui former, informer et comment ?, quel(s) outil(s) développer et utiliser ?, comment communiquer ? ...
C'est pour aider les entreprises à répondre à ces questions que nous avons choisi d'orienter nos recherches sur l'élaboration d'une démarche de travail pour éco-concevoir.

De nos jours la plupart des entreprises semblant avoir adopté la démarche par gestion de projets avec des méthodes d'Analyse de la Valeur ou similaires, ne peut-on pas imaginer un des "points d'entrée" de l'environnement dans l'analyse fonctionnelle d'un nouveau produit, c'est-à-dire au tout début de la démarche ?
Nos travaux se sont en fait focalisés sur l'identification des meilleurs points d'intégration de l'environnement dans le processus de conception, et ce dès la formulation même des fonctions indépendantes des solutions applicables.
A chacun de ces points peut correspondre un certain nombre d'outils à développer ou adapter pour aider l'équipe de conception dans sa tâche.

Comme domaine d'étude nous avons choisi **le secteur des produits électriques et électroniques**. En effet nous soulignions plus haut la multiplication et l'intensification des pressions environnementales sur les produits et ce pour de nombreux secteurs d'activités. Elles concernent ainsi directement le secteur électrique et électronique, qui à l'instar de l'emballage[10] et de l'automobile[11], se trouve visé depuis quelques temps par

[10] Décret n°98-638 du 20 Juillet 1998, relatif à la prise en compte des exigences liées à l'environnement dans la conception et la fabrication des emballages (d'après la Directive 94/62/CE relative aux emballages et aux déchets d'emballages).
[11] Directive Européenne sur les Véhicules Hors d'Usage : Proposition du 9 Juillet 1997 fixant les objectifs suivants aux Etats membres :

un projet de directive européenne[12] ; elle devrait contraindre les fabricants à récupérer leurs produits en fin de vie à leurs charges et organiser leur traitement : désassemblage, réutilisation, recyclage, valorisation énergétique, …
Plusieurs pays d'Europe sont déjà concernés par des propositions de lois nationales sur la reprise et la valorisation de ces produits en fin de vie : la Suisse, la Norvège et plusieurs pays de la Communauté Européenne comme l'Italie, le Danemark, les Pays-Bas, la Suède, la Belgique et l'Autriche. L'Allemagne et la Finlande devraient prochainement en faire autant. Divers décrets d'application ont même déjà été votés pour 1998 et 1999.

Comme pour l'automobile, le constat de la forte mobilisation des entreprises du monde électrique et électronique sur le rapport de leurs produits avec l'Environnement, s'explique de la manière suivante :

– Le nombre, la masse et le volume des produits en fin de vie sont considérables.
  On estimait ainsi en 1994, en Allemagne, que plus de 1,5 millions de tonnes d'appareils électriques et électroniques étaient mis au rebut [STRUBEL 96].
  Ces tonnages sont en perpétuelle augmentation ; en effet en 1998, en Europe, ce sont près de 6 millions de tonnes d'équipements qui parviennent en fin de vie et l'on évalue l'accroissement du volume de 3 à 5% par an (quantité certainement doublée dans 12 ans).

  Cela représente :

  - ✔ 2,4 millions tonnes de métaux ferreux,
  - ✔ 1,2 millions tonnes de métaux non ferreux,
    (652000 tonnes de cuivre et 336000 tonnes d'aluminium)
  - ✔ 162000 tonnes de métaux lourds,
    (12000 à 27000 tonnes de plomb issu des téléviseurs)
  - ✔ 1,2 millions tonnes de plastiques,
  - ✔ 156000 tonnes de retardateurs de flamme bromés,
  - ✔ 336000 tonnes de verre.

  <u>Source</u> : 3ème Proposition de Directive Européenne sur les produits électriques et électroniques en fin de vie.

- Au plus tard le 1er Janvier 2005, pour tous les véhicules hors d'usage, le taux de réutilisation / valorisation devra être au minimum de 85% en poids par véhicule et le taux de réutilisation / recyclage, au minimum de 80% en poids par véhicule.
- Au plus tard le 1er Janvier 2015, pour tous les véhicules hors d'usage, le taux de réutilisation / valorisation devra être au minimum de 95% en poids par véhicule et le taux de réutilisation / recyclage, au minimum de 85% en poids par véhicule.

[12] Directive Européenne sur les Produits Electriques et Electroniques en Fin de Vie : 3ème proposition publiée en Juillet 1999.

- Les produits sont complexes, ce qui rend leur valorisation en fin de vie parfois difficile (problèmes du désassemblage, de la récupération des composants, du recyclage des matériaux, ...). Ils peuvent de surcroît contenir des substances particulièrement toxiques comme de l'arsenic, du cyanure, du plomb, du cadmium, ...

- Ce domaine est aussi considéré comme un secteur de prédilection pour les gouvernements et les organismes réglementaires puisque les produits sont des produits phares vendus en grande quantité et constituant ainsi des cas-tests idéaux.

Il est de ce fait urgent de trouver des solutions pour améliorer la valorisation de ces produits et éviter d'abusives mises en décharge puisqu'en 2002, seuls les déchets ultimes seront acceptés dans les centres d'élimination par stockage (voir le paragraphe sur la réglementation de la Partie 1).

Beaucoup de travaux de recherche et de projets dans ce secteur ont déjà contribué au développement d'outils et méthodes pour éco-concevoir, néanmoins les petites et moyennes entreprises ou les petites unités au sein de grands groupes demeurent encore bien démunies. Le manque d'informations, des outils trop complexes et inadaptés, de forts investissements dissuasifs ou bien encore des équipes de projet submergées de documents parfois incompréhensibles semblent être les principales raisons d'une certaine démotivation de ces entreprises.

Nos travaux ont donc consisté à élaborer une proposition de démarche d'éco-conception permettant d'intégrer les préoccupations environnementales dès la conception des produits, et ce **en se focalisant sur l'aide aux petites unités et particulièrement dans le secteur électrique et électronique**.

L'essentiel de notre **méthode de recherche** est basé sur une étude approfondie de nombreux travaux précédemment effectués de par le monde sur le management de projets d'éco-conception et le développement d'outils mais aussi sur une enquête réalisée au sein d'entreprises de la **FIEEC**[13] pour comprendre comment certaines, parmi les pionnières en ce domaine (IBM, Philips, Schneider Electric, ...), se sont organisées et quels sont les besoins, les manques et les exigences d'autres unités moins avancées.

L'approche de terrain ou confrontation "théorie" / réalité (mise en application de notre recherche) s'est opérée au sein du bureau d'étude d'une petite unité de la division éclairage de **Philips France**, unité dont l'activité principale est la conception de luminaires architecturaux et décoratifs.

[13] **Enquête auprès d'entreprises de la FIEEC (Fédération des Industries de l'Electricité, de l'Electronique et de la Communication) réalisée au cours de l'année 1997. Le questionnaire ainsi que le compte-rendu général de l'étude figurent en annexes 1 & 2.**

L'objectif, sans doute ambitieux, de ce travail de recherche était donc en définitive de proposer une démarche d'éco-conception permettant à une entreprise de franchir le pas vers la conception de produits respectueux de leur environnement.
Naquit même l'idée d'imaginer les premières bases d'un Système de Management de l'Eco-Conception, puisque l'éco-conception allie développement de produit et management environnemental [KARLSSON 97], et ce dans une approche de qualité totale.

Le mémoire retraçant nos travaux se compose de **trois grandes parties**.

La première d'entre elles présente les ***enjeux de l'éco-conception*** au sein d'une entreprise et les ***principales règles d'organisation*** nécessaires pour élaborer un tel projet. Les réflexions sont pour la plupart issues de la littérature et d'entretiens réalisés dans plusieurs entreprises de la FIEEC.
Un premier paragraphe va nous conduire à définir le terme d'"éco-conception", qui regroupe en fait plusieurs acceptions selon la manière de voir la conception et les produits ; de là, en évoquant les travaux déjà entrepris au niveau international, seront abordées tour à tour chacune des grandes dimensions de l'éco-conception : la dimension stratégique avec les moteurs externes et internes qui motivent l'entreprise, les différents niveaux d'éco-conception et les axes possibles de développement, la dimension organisationnelle et la dimension cognitive. Un dernier paragraphe décrit plus en détails les grandes lignes du déroulement d'un projet de conception pour l'environnement.

La seconde partie évoque ***les principaux outils développés pouvant être utiles au développement d'éco-produits***. Nous tenterons d'y voir plus clair sur les outils dont peuvent disposer les entreprises désireuses de concrétiser un projet d'éco-conception. ***L'objectif de cette partie n'est pas de débattre du choix et de la pertinence des critères pris en compte dans les différents outils mais de comprendre les approches générales de chacun***, qu'ils soient connus ou méconnus, couramment utilisés ou "redoutés" et même rejetés. Une volonté de classifier ces nombreux outils en fonction de leurs caractéristiques nous permettra d'en dégager deux grands types : les outils d'évaluation des impacts environnementaux et les outils d'amélioration de la conception environnementale des produits. Dans chacune de ces deux familles, diverses catégories sont encore identifiables. D'autres types seront aussi identifiés ; il s'agit d'outils dits stratégiques, de sensibilisation et de communication. Nous en ferons de brèves descriptions dans les paragraphes en fin de chapitre.
L'accent de la réflexion, dans cette partie, est en particulier porté d'une part sur **les avantages et les limites de ces outils**, qui ne constituent pas forcément systématiquement des aides opérationnelles pour les entreprises et d'autre part sur **les**

possibilités de les intégrer et les utiliser dans un processus de conception et **un système de management de l'environnement**.

La troisième partie décrit ***l'"approche terrain" de ces travaux, soit la confrontation d'une nouvelle donne, l'Environnement aux réalités du monde industriel de la conception de produits, dans une entreprise du domaine électrique : Philips Eclairage***. Ce volet du mémoire évoque notamment la mise à l'épreuve d'un outil d'évaluation environnementale de produits, les réactions de différents services concernés par la conception face à la notion d'environnement, vécue pour certains comme une nouvelle contrainte inacceptable car très "floue", et les premiers pas vers l'élaboration d'une démarche pour éco-concevoir : quelles étapes prévoir, quels outils utiliser, développer ou adapter, pour quel niveau de remise en cause de la conception d'un produit ?

En conclusion, nous présenterons en guise de préambule à de futures recherches ce qui pourrait constituer les premiers éléments de réflexion quant à l'élaboration d'un système de management de l'éco-conception. Ces propositions sont issues des divers enseignements à la fois puisés dans la littérature et tirés de notre expérience et de nos observations de terrain chez Philips Eclairage.

La représentation synoptique du mémoire est schématisée sur la figure 2 de la page suivante.

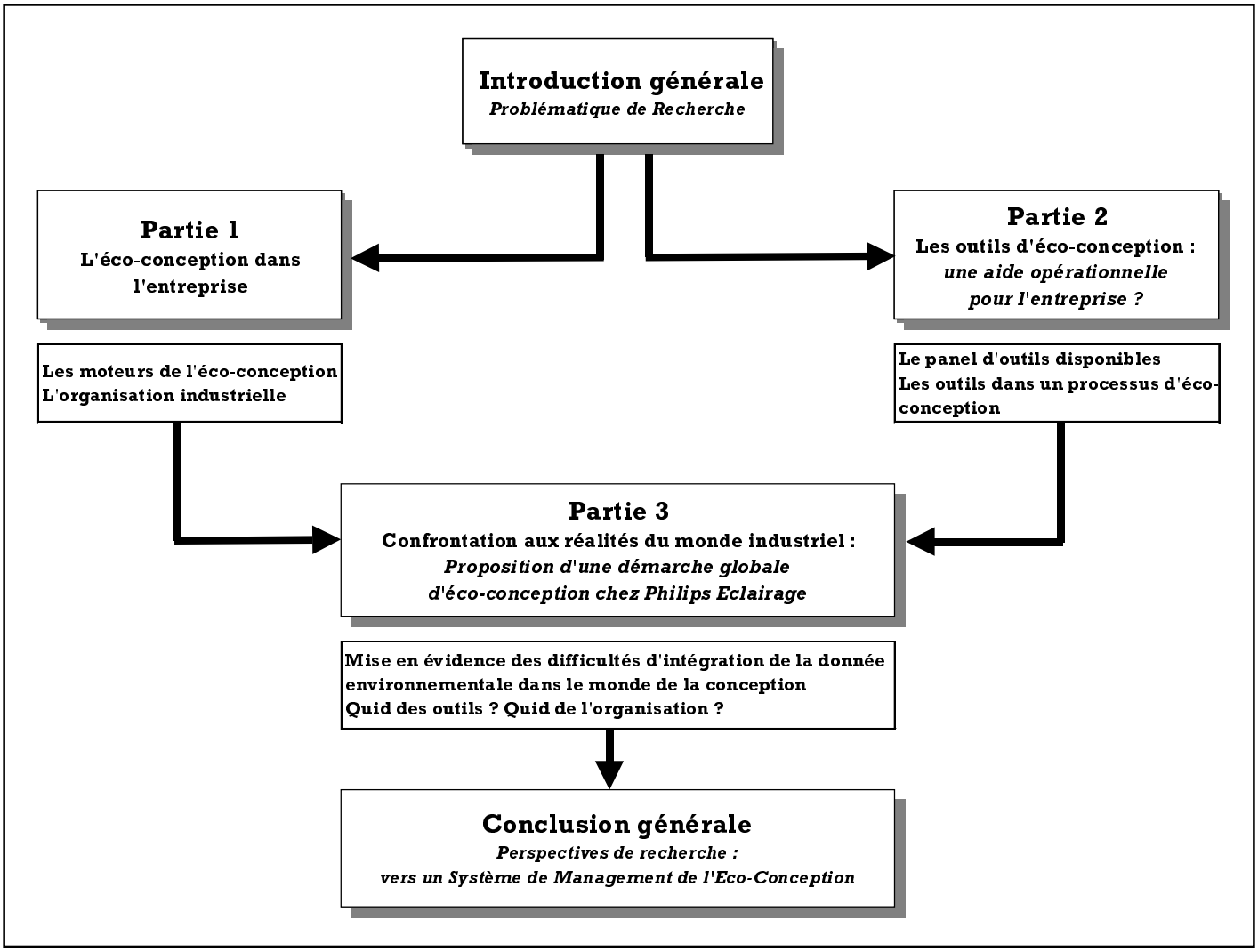


Figure 2 : Représentation synoptique du mémoire de thèse.

PARTIE 1 : L'ECO-CONCEPTION DANS L'ENTREPRISE

SOMMAIRE

INTRODUCTION 29

1. COMMENT DÉFINIR L'ÉCO-CONCEPTION ? 31

1.1. DEUX VISIONS DIFFÉRENTES MAJEURES DE L'ÉCO-CONCEPTION 31

1.2. DIVERSES APPROCHES D'UNE CONCEPTION RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT 33

1.3. UN INDICATEUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE : L'ÉCO-EFFICACITÉ 41

2. UNE PRÉOCCUPATION ENVIRONNEMENTALE D'ORDRE INTERNATIONAL .. 44

3. LES DIMENSIONS DE L'ÉCO-CONCEPTION 47

3.1. DIMENSION STRATÉGIQUE : LES ENJEUX D'UNE DÉMARCHE D'ÉCO-CONCEPTION 48

3.1.1. Les moteurs de l'éco-conception 48

3.1.1.1. Les moteurs externes 48

3.1.1.1.1. La pression sociétale : le respect de l'environnement 49

3.1.1.1.2. Le Gouvernement : la réglementation 49

3.1.1.1.3. La pression de la clientèle : un consumérisme vert ? 60

3.1.1.1.4. Les exigences du marché 63

3.1.1.1.5. La concurrence : nécessité d'un argument concurrentiel 64

3.1.1.1.6. La pression des syndicats 64

3.1.1.1.7. L'influence des fournisseurs 64

3.1.1.2. Les moteurs internes 65

3.1.1.2.1. Le sens des responsabilités de la Direction 65

3.1.1.2.2. Le besoin de réduire les coûts 66

3.1.1.2.3. L'amélioration de la qualité des produits 68

3.1.1.2.4. Le besoin d'innover 69

3.1.1.2.5. Le besoin de motiver le personnel 69

3.1.1.2.6. Une bonne image de marque 69

3.1.1.3. Points de vue des entreprises vis-à-vis de ces facteurs de motivation 70

3.1.2. Le niveau d'éco-conception recherché ? 71

3.1.2.1. Le niveau 1 : Amélioration du produit 73

3.1.2.2. Le niveau 2 : Reconception du produit 74
3.1.2.3. Le niveau 3 : Nouveau concept de produit 74
3.1.2.4. Le niveau 4 : Nouveau système productif 76
3.1.3. Les axes stratégiques envisageables 79
3.2. DIMENSION ORGANISATIONNELLE : COMMENT S'ORGANISER EN INTERNE ET EN EXTERNE ? 85
3.2.1. Les acteurs en puissance 85
3.2.1.1. Rôle de la Direction 87
3.2.1.2. Rôle de l'expert en Eco-conception 88
3.2.1.3. Rôle du concepteur 88
3.2.1.4. Rôle du marketeur 89
3.2.1.5. Rôle de l'acheteur 90
3.2.2. Modes de structuration interne 90
3.2.2.1. Quelles structures envisager ? 90
3.2.2.2. Quid du mode organisationnel dans les équipes projet ? 96
3.2.3. Mode d'organisation avec les partenaires externes : vers une recomposition des relations industrielles 98
3.2.3.1. En amont de la chaîne du produit : Les fournisseurs 98
3.2.3.2. En aval de la chaîne du produit : les valorisateurs 100
3.3. DIMENSION COGNITIVE : COMMENT CONSTITUER ET DIVULGUER LES CONNAISSANCES NÉCESSAIRES ? 101
3.3.1. Le besoin de connaissances : comment le satisfaire ? 102
3.3.2. Comment transmettre ces connaissances ? 104
4. L'ARCHITECTURE D'UN PROJET DE CONCEPTION INTÉGRANT LA DIMENSION ENVIRONNEMENT 106
4.1. LES OBJECTIFS 106
4.2. LES ÉTAPES DU PROCESSUS D'ÉCO-CONCEPTION 106
4.2.1. Quelques modèles de processus proposés dans la littérature 108
4.2.2. Planification du projet 119
4.2.2.1. Analyse des besoins 119
4.2.2.2. Analyse de Marché 120
4.2.2.3. Caractérisation du projet 122
4.2.3. Spécifications du produit (Etude du contexte) 123
4.2.3.1. Etude de Marché spécifique 124
4.2.3.2. Etude Technico-Economique 124
4.2.3.3. Etude Réglementaire et Normative 125
4.2.4. Elaboration des concepts 129
4.2.5. Conception préliminaire 130
4.2.6. Conception détaillée 130
4.2.7. Développement, industrialisation, commercialisation 131

4.2.7.1. Développement / industrialisation 131
4.2.7.2. Commercialisation 132
4.2.8. Retours d'expérience 132
4.3. LES CINQ TÂCHES ESSENTIELLES D'UN PROJET D'ÉCO-CONCEPTION 134
4.4. UN EXEMPLE DE PROCESSUS D'ÉCO-CONCEPTION : UN SCÉNARIO PROPOSÉ PAR PHILIPS 137
4.5. LES FACTEURS DE RÉUSSITE 138
4.6. LES RISQUES D'ÉCHEC 140

CONCLUSION 142

INTRODUCTION

Le métier de la conception est complexe puisqu'il consiste à déployer, associer dans un temps réduit, avec des ressources limitées, un ensemble de savoir-faire qui permettront d'aboutir à un compromis technique acceptable vis-à-vis de critères de performance et de contraintes nombreux et souvent contradictoires. Cette définition résume là en quelques mots l'essentiel de la problématique de conception avec ses nombreuses contraintes et le mélange de trois savoirs : le savoir-faire, le savoir-comprendre[14] et le savoir-combiner[15] [HATCHUEL 96].
Pour d'aucuns l'activité de conception représente une activité de décision conduisant à fixer des règles, à définir l'espace du problème à résoudre et des solutions pour aboutir à un compromis final [DE TERSSAC 96].

Une conception dite "respectueuse de l'environnement" nécessite de prendre en compte une nouvelle contrainte, **l'environnement**, dans le processus de développement des produits.
D'après les travaux de L. Holloway [HOLLOWAY *et al.* 94], qui cite K. Jakobsen [JAKOBSEN 87], il apparaît que l'harmonie idéale d'un produit réside dans la prise en compte du choix des matériaux et des méthodes de production avant même de déterminer la forme finale du produit. Selon l'auteur, ceci conduit à la conclusion que c'est à ce niveau de la conception que l'introduction des préoccupations d'environnement peut aussi se faire.
Les schémas de la figure 3 suivante montrent l'évolution du modèle classique de conception de K. Jakobsen vers un modèle d'éco-conception. On pourra remarquer des processus cycliques, où les exigences en termes de fonction, matériaux, méthode(s) de production, forme et environnement interagissent les unes avec les autres jusqu'à l'obtention d'une solution de conception ou d'éco-conception satisfaisante.

[14] Le savoir-comprendre doit permettre d'identifier les causes d'un phénomène : comprendre les causes d'une défaillance, comprendre ce que cherche un client, comprendre le comportement d'un équipement, …
[15] Le savoir-combiner est à la base de l'élaboration de plans d'actions répondant à de multiples contraintes, parfois changeantes et impliquant plusieurs acteurs au savoir-faire différent. « C'est un savoir de l'élaboration de compromis, en tenant compte du fait que parfois un compromis est une véritable invention, un véritable acte de création matérielle ou sociale » [HATCHUEL 96].

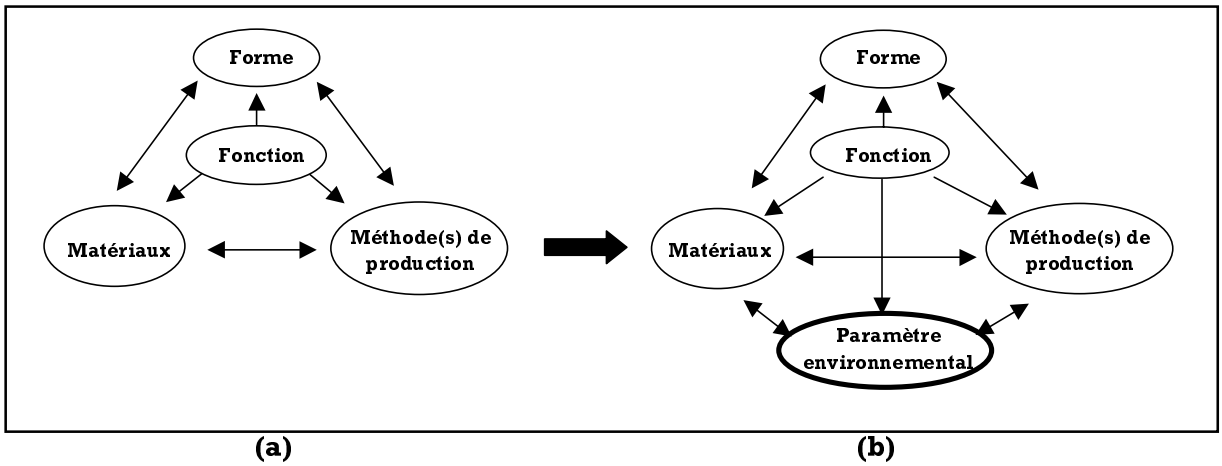


Figure 3 : Modèles de conception : (a) Modèle classique de Jakobsen et (b) Modèle d'éco-conception [HOLLOWAY *et al.* 94].

L'objet de cette première partie est de mieux cerner ce que recouvre en fait le terme d'éco-conception ou conception respectueuse de l'environnement, traduit de l'anglicisme **Ecodesign**.
Pourquoi s'intéresser à une telle approche ? Qu'est-ce qui va motiver une entreprise ? Peut-on parler de l'Eco-conception au sens large ? Existe-t-il vraiment un seul type d'éco-produits, un seul type de démarche ? ... Autant de questions auxquelles nous allons tenter d'apporter des réponses pertinentes.

La prise en compte de l'environnement dans un métier comme la conception implique des connaissances nouvelles à acquérir, dont les équipes de travail ont parfois du mal à se saisir. Elle est de surcroît vécue comme une contrainte difficile à cerner car transversale sur de nombreux métiers ("l'Environnement est partout").
Enfin, certains objectifs fixés aux équipes (% de diminution de la consommation énergétique du produit, % d'accroissement du taux de recyclabilité du produit), dans le cadre d'une stratégie particulière d'entreprise ou d'une réglementation, par exemple, peuvent paraître totalement irréalisables si l'on ne sait de quoi l'on parle et comment l'on s'organise pour satisfaire à ces exigences.

"Comprendre" et "s'organiser", voilà donc les deux thèmes forts de cette partie, que nous nous proposons d'étudier à la lumière d'un certain nombre de travaux internationaux réalisés depuis le milieu des années 90.
L'accent sera en particulier porté sur les grandes lignes d'un projet d'éco-conception, sur ce qui pourra concourir à sa réussite mais aussi son échec.
A noter que de nombreuses réflexions sont issues de travaux menés par l'équipe hollandaise du professeur Han Brezet de l'Université Technologique de Delft. Cette équipe situe en effet sa recherche sur les rapports entre problèmes environnementaux et

stratégies d'entreprises[16] en ne se focalisant pas uniquement sur le développement d'outils (de type ACV par exemple) à l'instar d'autres équipes allemandes ou américaines. Cette problématique de recherche orientée sur les modes d'organisation des entreprises en matière d'éco-conception est également une thématique très présente dans les travaux de deux autres équipes dont nous ferons allusion dans certains paragraphes : l'équipe du professeur John Ehrenfeld du M.I.T[17] (Etats-Unis) et celle du professeur Stephen Evans de l'Université de Cranfield [18] (Royaume-Uni).

1. COMMENT DEFINIR L'ECO-CONCEPTION ?

L'éco-conception correspond en fait à une abréviation de l'expression "conception écologique". C'est un moyen de concevoir des produits en prenant en compte les aspects environnementaux. Mais nombre de nuances et de terminologies existent. Nous allons essayer dans cette partie de faire toute la lumière sur ces diverses approches.

1.1. Deux visions différentes majeures de l'éco-conception

Conny Bakker, dans sa thèse intitulée "*Environmental information for industrial designers*" [BAKKER 95] propose en fait deux définitions de l'éco-conception, définitions faisant appel à des visions différentes de la production industrielle, l'une axée sur l'amélioration technologique des produits pour les rendre plus respectueux de l'environnement et la seconde sur l'amélioration même du mode de vie en concevant des produits dans un objectif de développement durable.

L'éco-conception est tout d'abord vue comme l'intégration du paramètre environnement dans le processus de développement de produits. L'objet d'une telle démarche est la réduction des impacts d'un produit sur l'environnement tout au long de son cycle de vie depuis l'extraction de ses matériaux constitutifs jusqu'à son élimination en fin de vie.
Le concept de base d'une telle définition est le modèle du cycle de vie où tous les entrants (matériaux et énergie) et sortants (émissions polluantes et déchets) des processus utilisés en phases de fabrication, distribution, utilisation et élimination, sont identifiés et pris en compte.

[16] L'équipe de Han Brezet travaille essentiellement en collaboration avec la société Philips où de nombreux étudiants effectuent en particulier leurs recherches de doctorat.
[17] Adresse du site internet de l'équipe du professeur Ehrenfeld : ***http://web.mit.edu/ctpid/www/tbe.html***.
[18] Adresse du site internet de l'équipe du professeur Evans : ***http://www.cranfield.ac.uk/sims/cim/***.

Dans un contexte de production industrielle sans cesse accrue, on qualifiera cette approche de technologique, puisque les critères considérés sont purement techniques : choix des matériaux, durabilité du produit, consommation d'énergie, …
On ne cherche pas à diminuer la quantité de produits fabriqués mais à rendre cette production la plus inoffensive possible vis-à-vis de l'environnement. On va dans ce cas essayer de concevoir des produits moins énergivores[19], contenant moins de matériaux toxiques susceptibles de représenter un danger pour son utilisateur, plus facilement réparables de manière à accroître leur durée de vie, …

Une seconde approche sera qualifiée de plus globale dans le sens où l'accent n'est plus porté sur l'amélioration technologique des produits pour les rendre plus respectueux de la nature qui les entoure, mais sur le développement de nouveaux produits, nouveaux services permettant de vivre en totale harmonie avec la nature et en assurant un mode de vie plus durable.
Une telle vision est davantage axée sur des préoccupations d'ordre socio-culturel dont le respect de la terre et de ses ressources naturelles épuisables, l'équilibre des richesses, … Il ne s'agit plus de produire pour produire, même si l'on "respecte" la nature, mais de produire intelligemment en éliminant ce qui peut l'être : l'inutile, le superflu. On en vient dans ce cas à la remise en cause même des produits. Cela consiste à repenser leur fonctionnalité pour concevoir des produits rentables, où le rapport fonctions / coût est le plus grand possible et les fonctions inutiles (notion de "gadgets"), parfois sources de désutilités environnementales, éliminées.

C. Bakker cite Ezio Manzini lorsqu'il définit cette approche de l'éco-conception comme « *une activité de conception dont l'objectif est de lier ce qui est techniquement possible à ce qui est écologiquement nécessaire afin de proposer des solutions acceptables socialement et culturellement* » [MANZINI 91]. Pour E. Manzini ce type de conception pourrait jouer un rôle majeur dans le développement de scénarios incitant à un comportement de plus en plus environnemental de la part des populations.

Si l'on devait situer les préoccupations industrielles vis-à-vis de l'éco-conception, elles se rapprocheraient davantage de la première définition, l'approche technologique, puisque la seconde relève d'une vision plus large et plus "anti-commerciale" ; elle va à l'encontre d'une pratique industrielle de plus en plus courante et demandée par les clients : la course aux gadgets qui personnalisent chaque produit.

[19] Produits moins énergivores : l'impact marketing de produits, dont l'emploi nécessite une moindre consommation d'énergie par rapport à leurs prédécesseurs, est de plus en plus important. Les clients de produits électriques, électroménagers, automobiles, sont en effet facilement motivés par l'achat de produits performants et **à économie d'énergie**.

Nous avons donc vu deux manières de présenter l'éco-conception mais ce vocable recouvre en fait plus de deux acceptions différentes, fonction des échelles temporelles et environnementales mises en jeu. Cette variété rendant difficile les comparaisons des nombreux travaux entrepris sur le sujet, nous allons essayer d'appréhender les différentes approches afin de mieux situer le niveau de notre étude.

1.2. Diverses approches d'une conception respectueuse de l'environnement

Les recherches d'une équipe américaine du Georgia Institute of Technology [COULTER *et al.* 95], [BRAS 97] ont permis d'identifier et de classifier pas moins de cinq types d'approches différentes de réduction des impacts environnementaux des produits, en fonction d'une part du type d'impact pris en compte et d'autre part de l'échelle de temps considérée.

D'après la figure 4 ci-après, on peut distinguer :

1. L'ingénierie de l'environnement,
2. La prévention de pollution,
3. La conception respectueuse de l'environnement ou conception pour l'environnement, catégorie désignée par plusieurs termes anglo-saxons très usités : Design for the Environment (**DfE**), Environmentally Conscious Design and Manufacturing (**ECDM**) ou encore Life Cycle Design (**LCD**),
4. L'écologie industrielle,
5. Le développement durable ou "soutenable".

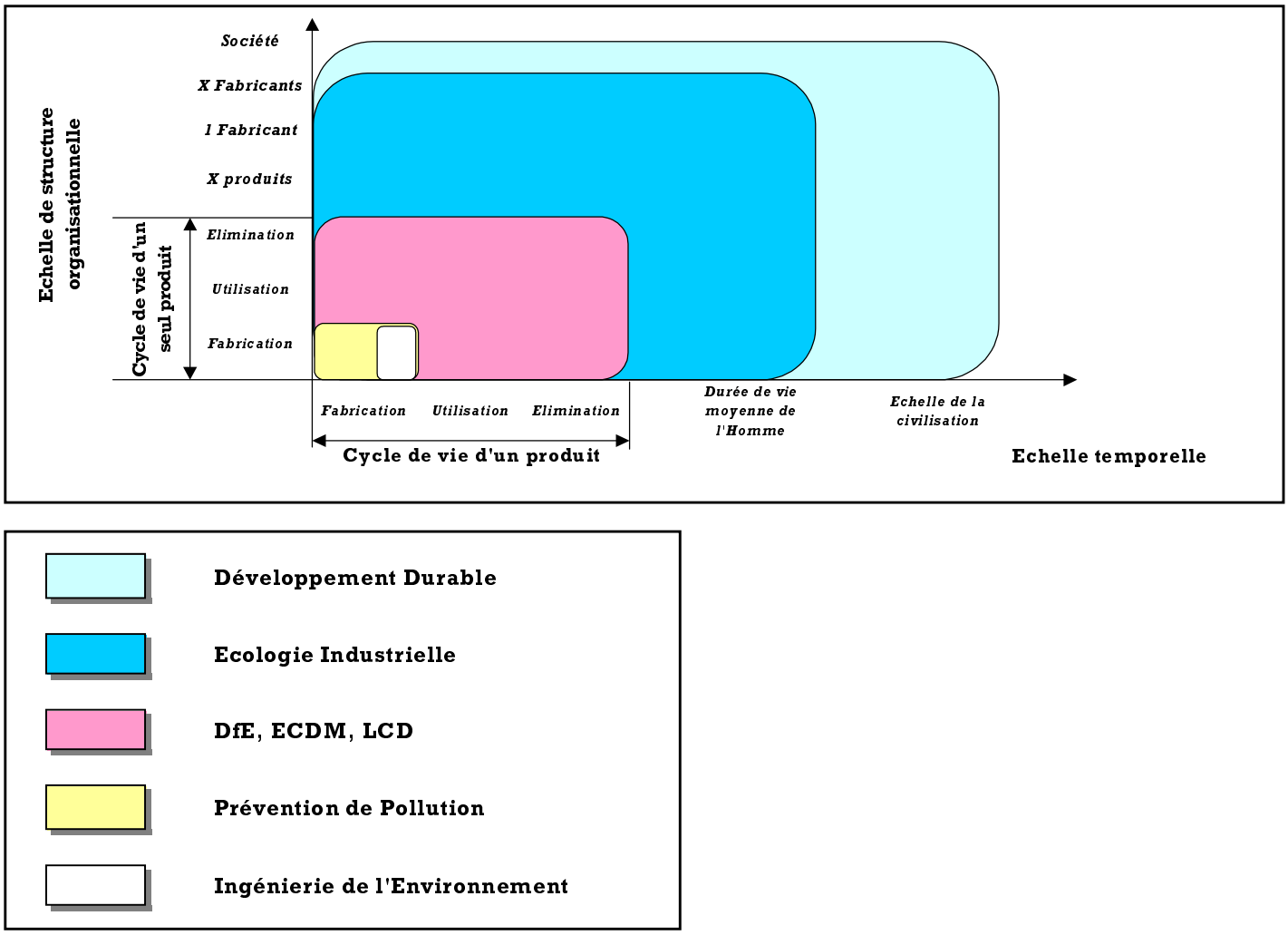


Figure 4 : Les dimensions de l'éco-conception [BRAS 97].

Source : Bert Bras, "Incorporating environmental issues in product design and realization", UNEP Industry and Environment January-June 1997, p.8.

On pourra remarquer sur la figure 4 que l'échelle de temps est exprimée en termes de durée de vie "Produit", "Homme" ou "Civilisation", puisqu'il est bien difficile de parler en termes d'années (la durée de vie d'un produit, par exemple, est très variable selon qu'il s'agit d'un produit électronique de grande consommation -1 ou 2 ans- ou d'un avion -30 ans-).

Les propos qui suivent vont définir chacune de ces terminologies.

L'"**Ingénierie Environnementale**" va concerner le management et le contrôle de polluants dans les eaux, les rejets atmosphériques, les déchets solides. Dans le contexte de production industrielle, cette terminologie recouvre les traitements dits "end of pipe". Elle va consister à minimiser les impacts environnementaux engendrés lors de la

fabrication des produits. D'autres emploient le terme de "environmental design" traduit improprement en français par "conception environnementale" [DEWBERRY *et al.* 96].
Cette approche caractérise les premiers travaux des entreprises en matière d'environnement au cours des années 70. Elle s'est principalement démocratisée dans les années 80.

La "**Prévention de Pollution**", considérée comme une alternative essentielle aux traitements end of pipe ou ex-post, fut introduite vers la fin des années 70 aux Etats-Unis, par des entreprises pionnières comme 3M avec son programme 3P ("Pollution Prevention Pays", 1975), et ce à la suite de réglementations de plus en plus drastiques sur les déchets. Elle se développa dans les années 80 et fit son apparition en Europe dans les années 90. Elle regroupe toute une série d'approches dont la réduction à la source (moins de production de déchets) et le recyclage en boucle ouverte[20] ou fermée[21] en cours de production. L'objectif est donc d'éliminer tout type de pollution par des équipements ou des procédés de fabrication, ... en reconcevant les produits pour substituer des matériaux, modifier certaines technologies, éliminer des étapes polluantes inutiles, ...
A l'instar de l'ingénierie environnementale, cette approche est toujours focalisée sur l'étape de fabrication des produits.

Les terminologies suivantes, par contre, concernent le cycle de vie complet d'un produit, en incluant non seulement les impacts environnementaux potentiels de sa fabrication, mais aussi ceux de son utilisation et de son élimination en fin de vie. Elles désignent une approche de conception plus globale développée récemment (surtout à partir de 1993). Dans la littérature, il est très courant de les désigner par des sigles explicités ci-après ; les acceptions sont assez proches et souvent indifféremment utilisées.

L'"**ECDM**" (Environmentally Conscious Design and Manufacturing) est l'approche la plus récente en matière de conception respectueuse de l'environnement. Elle recouvre à la fois la conception de produits et celle de process. L'idée générale est que les concepteurs sont conscients dans leur tâche qu'il y aura fatalement des effets environnementaux négatifs sur l'ensemble du cycle de vie du produit et essayent d'inclure certaines contraintes dans leurs réflexions pour pallier ces effets.

Le "**DfE**" (Design for *the* Environment) est un concept où le critère environnement est <u>partie intégrante de la conception</u> d'un produit <u>au même titre</u> que le coût, la qualité ou la performance. Il est issu de la volonté de certains industriels de fixer aux concepteurs des objectifs environnementaux spécifiques à intégrer dans le développement de nouveaux

[20] Recyclage en boucle ouverte : Recyclage des matériaux ou composants pour une utilisation dans un produit différent.
[21] Recyclage en boucle fermée : Recyclage des matériaux ou composants pour une utilisation dans un même produit.

produits. Pour S. Coulter [COULTER *et al.* 95], d'un point de vue sémantique la *conception pour l'environnement* est un non-sens puisqu'elle devrait signifier "zéro impact" en ne concevant donc rien ! Il s'agit en fait de prendre en compte les contraintes d'environnement dès la conception et d'avoir une démarche de progrès pour diminuer les nuisances de manière continue (notion d'amélioration continue de la norme ISO 14001).

Le "DfE" fait partie des méthodes de conception dites DfX [BRALLA 96] au même titre que "Design for Manufacturing", "Design for Serviceability", "Design for Safety", "Design for Quality", ...
Sont encore inclus dans cette approche plusieurs types de conception où, pour chacun, le critère environnement a été pris en compte dans un but bien précis [SWEATMAN *et al.* 96] :

✔ "Design for Energy Efficiency" : conception d'un produit peu énergivore,

✔ "Design for Recovery" : conception permettant de faciliter la valorisation du produit en fin de vie,

✔ "Design for Disassembly" : conception facilitant le démontage du produit. Ce démontage pourra avoir plusieurs objectifs :
- "Disassembly for repair", en vue de faciliter la réparation du produit,
- "Disassembly for maintenance", en vue de faciliter sa maintenance en cours d'utilisation,
- "Disassembly for re-use", en vue de le réutiliser pour une seconde vie,
- "Disassembly for recycle", en vue de recycler ses matériaux constitutifs,

✔ "Design for Recycling ou Recyclability" : conception en vue de pouvoir recycler les matériaux du produit en fin de vie.

Ces diverses conceptions sont en fait chacune axées sur une phase du cycle de vie du produit ou l'une de ses caractéristiques. Elles nécessitent des connaissances d'un type bien particulier comme celles, par exemple, qui sont relatives au recyclage des matériaux.
Les conclusions sur les résultats obtenus avec ce type d'approche doivent être formulées avec grande précaution car la focalisation sur un critère ou une phase n'assure en rien que le produit sera respectueux de l'environnement sur l'ensemble de son cycle de vie. Il se peut par exemple que le produit soit facilement démontable et recyclable en fin de vie (approche DfD ou DfR) mais très énergivore ou constitué de matériaux dangereux.

Les approches DfX sont donc complémentaires les unes des autres et le produit fabriqué sera le plus respectueux de son environnement si plusieurs critères et le cycle de vie complet du produit ont été pris en compte en cours de conception.

Le "**Life Cycle Design**"[22] est décrit comme une approche cycle de vie systématique, du berceau à la tombe, avec l'objectif de donner un profil environnemental d'un produit ou service le plus complet possible. L'argumentaire est que la prise en compte du cycle de vie complet va aider le concepteur à développer des produits dont l'essentiel des impacts environnementaux potentiels auront été identifiés et minimisés, et non simplement déplacés comme dans le cas de l'ingénierie environnementale ou la prévention de pollution : focalisées uniquement sur la fabrication, il se peut en effet qu'une réduction de production de déchets au cours de cette phase puisse engendrer un fort accroissement de déchets en fin de vie et ce par le simple fait d'avoir modifié un procédé de mise en forme ou un matériau.
Cette approche, avant tout largement défendue par les Américains, a été reprise en Europe, et notamment au Danemark, où on la présente comme le fondement même d'une production durable [ALTING *et al.* 93]. Elle nécessite des connaissances multidisciplinaires et une vision à long terme.

L'"Ecologie Industrielle" et le "Développement Durable", enfin, dépassent quant à eux l'échelle du cycle de vie d'un seul produit en termes d'impact et de temps. On ne parle plus d'approches orientées *produits* mais orientées *systèmes*.
Le concept d'"**Ecologie Industrielle**", en effet, concerne non seulement plusieurs produits mais également plusieurs entreprises et ce sur une échelle temporelle aux dimensions de la durée de vie moyenne de l'Homme. Certains évoquent le terme d'écosystème industriel [FROSH *et al.* 89] où les déchets d'une usine peuvent être utilisés comme matières premières par une seconde. On ne peut donc plus parler de déchets ayant des conséquences fâcheuses sur l'environnement puisqu'ils sont aussitôt réintroduits dans le système qui fonctionne donc en "circuit fermé". Un exemple concret nous est donné sur un mandrin en acier qui tour à tour pourrait être réutilisé dans une boîte en fer-blanc, dans une automobile l'année suivante et la structure métallique d'un bâtiment dix ans plus tard !
Ce concept d'écologie industrielle constitue les bases d'une approche intégrée de la gestion des impacts environnementaux de l'emploi d'énergie et de matériaux dans un écosystème industriel.

[22] "**Life Cycle Design**" : Approche encore parfois dénommée **Environmentally Conscious Design** (ECD) [Mc ALOONE *et al.* 95].

Le "**Développement Durable**" est lui un concept environnemental plus global encore en terme d'échelle, où le contexte industriel se mêle à des approches culturelles et sociales (au niveau de l'humanité toute entière), dans une vision à très long terme.
Une conception "durable" semble être le compromis idéal de nombreux critères de développement permettant une croissance économique en harmonie avec la nature, comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1.1.
Elle impose entre autres de prendre en compte le caractère renouvelable des ressources utilisées pour la production industrielle et ce afin que les populations actuelles puissent subvenir à leurs besoins sans compromettre l'aptitude des générations futures à répondre aux leurs.

Nous trouverons dans cette catégorie toutes les études réalisées sur la notion de :

- ✔ **durabilité des produits** : produits de longue durée de vie ayant une grande valeur affective auprès des clients,

- ✔ **dématérialisation** : on ne vend plus un produit mais un service [RYAN 92].
  Ce concept a notamment été développé par la société Rank Xerox [DE /4 97] qui ne vend plus des copieurs mais le tirage d'une certaine quantité de copies par mois et assure la maintenance et la réparation de la machine, ou son remplacement le cas échéant. Le produit reste dans ce cas la propriété de l'entreprise, laquelle peut donc facilement le retirer du marché en fin de vie et le valoriser. Le client qui achète le service, quant à lui, n'a plus à se soucier de la maintenance et de la réparation de son produit, prises en compte dans le contrat, ni même du remplacement du produit en fin de vie. Il n'a plus à savoir non plus si la machine qu'il utilise est entièrement neuve ou constituée de pièces récupérées. On peut parler de ***stratégie Win-Win*** (gagnant-gagnant) pour l'entreprise et son client.

- ✔ **partage de l'utilisation de produits** [MEIJKAMP 97], et ce précisément dans un objectif d'économie de ressources. Les produits sont dans ce cas conçus pour être multi-utilisateurs et pour durer ; ils sont donc encore pensés différemment puisque l'objectif visé est avant tout de fabriquer des produits robustes, et moins de les concevoir plus respectueux de l'environnement. La préoccupation environnementale se situe davantage dans la limite de la consommation des ressources naturelles puisque l'on va moins fabriquer de produits.
  R. Meijkamp, dans ses travaux de recherche, s'est intéressé entre autres aux concepts de laverie automatique et de co-voiturage ou voiture en libre-service[23].

[23] Voitures en libre service : Un exemple français de ce genre d'approche est le programme Praxitèle, projet pilote réalisé en partenariat avec Vivendi, Renault, EDF, Dassault Automatismes, l'INRIA et l'INRETS. Une flotte de 50 véhicules électriques répartis en 5 stations de recharge par induction est en libre-service pour le transport public en centres urbains [ADEME 99].

Ces approches holistiques dans l'optique même du développement durable n'ont pour l'heure cependant pas reçu un accueil très enthousiaste des entreprises de par leur vision très globale, engendrant de fortes modifications dans leur organisation, et la remise en cause même, pour l'une de ces approches, du concept de propriété (produits à soi) très ancré dans la mentalité du client, français en particulier.

Lors d'enquêtes sur le développement d'éco-produits, nombre d'entreprises se déclarent avoir une approche "Ecodesign" ou d'éco-conception, mais bien souvent les études n'ont été focalisées que sur certaines caractéristiques comme le nombre de matériaux utilisés ou la recyclabilité du produit. Le cycle de vie complet des produits n'a pas été pris en compte, entraînant le risque potentiel d'un impact environnemental inattendu pour une phase du cycle de vie non considérée, impact résultat de la modification de conception réalisée. On retrouve ici le problème qui a été soulevé précédemment lors de l'évocation des approches de type "DfX".
En termes de **stratégie d'entreprise**, on parlera plutôt dans ce cas de "Green Design" où la vision industrielle est orientée à court terme et les investissements faibles en réaction à la demande du client ou à la législation [DEWBERRY *et al.* 96].
L'"Ecodesign" implique par contre une vision plus globale, proactive et à plus long terme.

Une étude anglaise sur les stratégies d'entreprise en matière d'"Ecodesign" a permis d'élaborer une classification des approches industrielles, depuis la plus simple jusqu'à la plus élaborée [DEWBERRY 95]. Ces différents types d'approches sont présentés dans le tableau 3 de la page suivante.

Source : *Emma Dewberry, "Ecodesign Strategies", The Open University (Royaume-Uni), p. 33.*

	Type d'approche	Stratégie d'entreprise	Initiative hiérarchique[24]
Approche process	**Dépollution** *Approche en réponse à l'évolution de la réglementation* *(Clean up Initiatives)*	Résolution des problèmes environnementaux par des solutions dites "end of pipe". Les travaux sont concentrés sur les procédés de fabrication et les émissions de polluants. **Moteur** : La réglementation.	Descendante
	Economie domestique *Approche orientée sur les ressources en matériaux et en énergie pour les économiser* *(Good Housekeeping)*	Mise en place de circuits de recyclage des déchets à tous les niveaux et d'équipements de production moins énergivores, dans un objectif de faire des économies. Quelques initiatives d'organisation sont laissées au choix du personnel. **Moteurs** : La baisse des coûts et la pression du personnel.	Descendante & Ascendante
Approche produit	**Conception verte** *Approche de conception focalisée sur un critère environnemental (Modifications incrémentales du produit)* *(Green Design)*	L'approche est focalisée sur un aspect environnemental du produit, sans forcément prendre en compte les impacts les plus significatifs. Cette approche est très opérationnelle. **Moteurs** : La réglementation, la pression du marché ou une initiative proactive personnelle d'un membre de l'équipe de conception.	Ascendante (essentiellement)
	Eco-conception *Approche de conception prenant en compte l'ensemble des impacts environnementaux d'un produit sur son cycle de vie complet* *(Ecodesign)*	Approche stratégique en considérant tous les niveaux de l'entreprise. Tous les impacts environnementaux potentiels du produit sont pris en compte et les actions engagées sont partie intégrante de la politique d'entreprise. **Moteurs** : Une stratégie d'entreprise désireuse de se différencier et la réglementation.	Descendante (essentiellement)
Approche système	**Conception globale** *dans l'optique du Développement Durable* *Système de conception globale liant une entreprise à d'autres* *(Global Design)*	Approche globale née d'une forte prise de conscience environnementale et prenant en compte outre l'environnement, des questions d'ordre culturel, éthique et économique. L'entreprise n'est plus considérée seule dans le système mais avec la société qui l'entoure. **Moteur** : La politique de Développement Durable du gouvernement (notion d'Agenda 21).	Descendante & Ascendante

Tableau 3: Différentes approches industrielles de la "conception environnementale".

[24] "Initiative hiérarchique" = Origine de l'initiative de la démarche engagée :
Descendante : depuis la Direction jusqu'aux membres du personnel (Top-down)
Ascendante : depuis le personnel jusqu'à la Direction (Bottom-up)

Pour situer nos travaux de recherches, nous nous sommes davantage axés sur le concept de DfE (ou ECDM ou LCD), entre les approches stratégiques de type "Conception verte" et "Eco-conception", puisque la plupart des entreprises préoccupées par les impacts environnementaux de leurs produits ne sont pas encore au stade de la réflexion globale en termes de développement durable (Conception globale).
Ces entreprises tentent de s'organiser mais la remise en cause fondamentale de leurs activités n'est pas encore à l'ordre du jour. Les premiers balbutiements de conception environnementale sont donc caractérisés par des approches où l'on prend en compte les impacts du cycle de vie complet des produits et l'on effectue des améliorations environnementales de ces produits de plus en plus radicales et ce au fur et à mesure de l'évolution des connaissances.

Enfin, pour achever ce paragraphe sur le vocabulaire en matière d'éco-conception, il est possible de résumer le tout en un terme que l'on retrouve souvent dans la littérature [WBCSD[25] 96] & [SIMON *et al.* 97] : l'"**Eco-efficiency**" ou éco-efficacité. C'est un indicateur du développement durable puisqu'il correspond à une mesure du degré de "soutenabilité"[26] de la production.

1.3. Un indicateur du développement durable : l'éco-efficacité

Ce terme d'éco-efficacité a été introduit lors du "*Sommet de la Terre*" de Rio en 1992. Il désigne pour chaque entreprise un moyen de contribuer au développement durable et correspond à un certain taux de réduction des impacts environnementaux du cycle de vie d'un produit.

D'après le WBCSD, l'objectif de l'éco-efficacité pour un produit est de maximiser sa valeur tout en minimisant les impacts environnementaux sur son cycle de vie complet [WBCSD 99]. Son calcul s'effectue de la manière suivante :

$$\textbf{Eco-efficacité} = \frac{\text{Valeur du produit (ou du service)}}{\text{Impact environnemental}}$$

[25] WBCSD : World Business Council for Sustainable Development.
[26] Degré de "soutenabilité" : traduction impropre de l'expression anglo-saxonne "degree of sustainability".

où :

Valeur du produit (service) = { Masse, volume ou nombre de produits (services) fabriqués ou vendus, Ventes nettes.

Impact environnemental = { Consommation d'énergie, Consommation de matière, Consommation d'eau, Emissions de gaz à effet de serre, Emissions de substances détruisant la couche d'ozone.

Sur une échelle en pourcentage d'éco-efficacité, il est possible de distinguer :

- 100% d'éco-efficacité : produits "soutenables", qui peuvent être produits en large quantité, indéfiniment.
- Une forte éco-efficacité : produits ayant de bonnes performances environnementales, néanmoins ne pouvant être produits qu'en quantité ou sur une durée limitée.
- Une faible éco-efficacité (jusqu'à 0%) : produits dont la fabrication consomme des ressources épuisables, pollue l'environnement ou altère la santé humaine. Ce sont des "grey products" ou produits gris, par opposition aux produits verts.

Si d'aucuns évoquent non pas le terme de pourcentage d'éco-efficacité mais plutôt celui de facteur 2, 4, 10 ou 20[27] [SCHIESSER 99] pour désigner le niveau de production nécessaire pour atteindre un développement durable, il n'en demeure pas moins qu'un certain nombre de principes de base doivent être absolument considérés pour inscrire l'éco-conception dans une démarche de progrès vers une conception 100% éco-efficace :

- Identifier les besoins humains satisfaits par le produit ou service et établir des priorités des besoins sur les souhaits,
- Dématérialiser ou réduire la quantité de matériaux et d'énergie requis par unité de service,
- Utiliser des ressources renouvelables de matériaux et d'énergie,
- Minimiser la dispersion de matériaux dans l'environnement, soit de déchets, rejets aqueux, émissions atmosphériques, … en particulier s'ils présentent des dangers pour l'homme ou les écosystèmes. Ceci implique des nécessités de réutilisation, recyclage, ….

[27] Facteurs 2, 4, 10, 20 …: ils désignent les facteurs respectifs par lesquels il est nécessaire de réduire l'intensité de production ou augmenter la productivité pour peu à peu atteindre un niveau durable de développement et réduire d'un certain pourcentage les impacts environnementaux du cycle de vie d'un produit.

Des experts estiment qu'il va falloir accroître l'éco-efficacité d'un facteur 10 dans les 50 prochaines années si l'on veut obtenir un meilleur équilibre entre production et croissance démographique d'une part et production et capacité terrestre à supporter "les attaques environnementales" (les ponctions dans les ressources naturelles en particulier) d'autre part [WETERINGS *et al.* 92]. Ceci va nécessiter de réduire de 90% les impacts environnementaux engendrés actuellement par les industries et d'utiliser énergie et matières premières plus prudemment.
Pour C. Fussler une amélioration de l'éco-efficacité d'un facteur 4, dans les 15 années à venir, s'impose [FUSSLER *et al.* 96].

Pour E. Manzini [MANZINI 97], deux composantes sont essentielles pour évoquer l'éco-efficacité de la production : la Technologie et la Culture (comportement du client), composantes auxquelles M. Simon [SIMON *et al.* 97] a adjoint la troisième : la Nature (notion prise en compte ici : l'épuisement des ressources naturelles) . Ces trois composantes peuvent être représentées selon trois axes orthogonaux, les "axes du développement durable".
Le tableau 4 suivant figure les différents types de produits fabriqués en fonction des composantes susnommées prises en compte :

	Technologie	**Culture**	**Nature**
Produits "gris"[28]			
Conception pour l'Environnement	✘		
Demande réduite de produits		✘	
Produits biodégradables ou renouvelables			✘
Produits-Services (dématérialisation)	✘	✘	
Ecologie industrielle	✘		✘
Développement durable	✘	✘	✘

Tableau 4 : L'industrie, les produits et les trois dimensions du développement durable [SIMON *et al.* 97].

Pour conclure sur l'ensemble de ce paragraphe, son essentiel objet était avant tout de comprendre les différentes acceptions en matière de conception de produits respectueuse de l'environnement et le concept de développement soutenable, pour ensuite situer le niveau de nos travaux de recherche.

[28] **Produits gris** : Expression souvent employée dans la littérature désignant les produits conçus de manière classique sans prise en compte du critère environnement.

Nous avons évoqué que la majorité des entreprises dont les petites et moyennes, soucieuses des nuisances environnementales engendrées par leurs produits, se focalisent sur le "DfE". C'est donc sur cet axe que nous avons orienté notre étude.

Si cette préoccupation environnementale orientée produit est à ce jour encore bien timide en France, nos recherches sur le sujet nous ont amené à nous intéresser aux travaux déjà effectués ou en cours en Europe mais aussi dans le reste du monde. Le paragraphe suivant évoque un certain nombre de ces études qui ont notamment incité les entreprises françaises à se mobiliser autour de cette nouvelle problématique.

2. UNE PREOCCUPATION ENVIRONNEMENTALE D'ORDRE INTERNATIONAL

Le souci de concevoir des produits respectueux de l'environnement est bien ancré dans les modes de fonctionnement de nombreuses entreprises de certains pays d'Europe comme les pays Nordiques, les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Angleterre, de même qu'aux Etats-Unis et en Australie, et ce depuis le début des années 90.
Ainsi bon nombre de projets ou programmes de recherche impliquant des entreprises et des équipes de recherche universitaires ont déjà permis de comprendre les enjeux industriels de l'éco-conception et d'élaborer un certain nombre d'outils pour améliorer les performances environnementales des produits ; ces projets, pour la plupart, concernent le domaine des produits électriques et électroniques.

L'un d'eux, le projet **DEEDS** (1995-1998) - *DEsign for Environment Decision Support* - mené conjointement par deux universités britanniques Manchester Metropolitan University et Cranfield University, au sein de plusieurs entreprises dont Electrolux Floorcare Division et ICL, a permis depuis 1995 de répertorier et d'évaluer plus d'une cinquantaine d'outils et méthodes en matière d'Ecodesign ou DfE. L'objectif de DEEDS étant d'imaginer comment intégrer les questions d'environnement dans les processus de développement de produits électriques et électroniques, chaque université eut une mission bien particulière : à charge pour l'équipe de Manchester d'identifier les outils pertinents et de les tester avec des équipes de conception ("Learning by doing") et pour l'équipe de Cranfield, d'analyser les processus de conception et d'identifier les difficultés de mise en place du DfE ("Learning by watching").
Ce travail de recherche est à l'origine de la publication en 1998 d'un manuel *Ecodesign Navigator* [SIMON *et al.* 98] qui propose en particulier au lecteur une "boîte à outils" en matière d'éco-conception.

En Allemagne le projet **Green TV** (1996-1999), soutenu par de grands fabriquants de téléviseurs (Grundig, Philips, Nokia, Deutsche Thomson-Brandt, ...) et le ministère allemand de la Recherche et de la Technologie, eut comme objet principal de développer des technologies innovantes et respectueuses de l'environnement pour fabriquer des appareils électroniques complexes. Il a notamment permis la fabrication d'une télévision ayant de grandes performances environnementales [STRUBEL 96].
Le principal objet de ce type de projet était avant tout de permettre un échange de savoir-faire de plusieurs entreprises du même secteur d'activité, sans esprit de compétition et ce, pour créer des synergies et développer de nouveaux modes de conception autour d'une nouvelle problématique. Chaque entreprise ayant les mêmes interrogations, les mêmes craintes vis-à-vis de la prise en compte de l'environnement, il s'est agi de s'associer sans mobiliser ce critère comme facteur concurrentiel.

Le projet européen **DEMROP** - *Design and Evaluation Method for the Recyclability of Electromechanical Products* - (projet Brite Euram 1994-1997) mené par plusieurs entreprises belges, hollandaises et allemandes et la "Technische Hochschule Darmstadt", coordonnées par Siemens AG (Allemagne), permit l'élaboration d'un logiciel d'Eco-conception, Demrop, destiné à aider les concepteurs et les recycleurs de produits électromécaniques dans l'optimisation du recyclage de ces produits en fin de vie [EBACH 97].

Bien d'autres projets dans les mêmes domaines ont permis et permettront encore d'élaborer méthodes et outils pour aider les entreprises à éco-concevoir :

✔ **TOPROCO** - *Total Product Life Cycle Cost Estimation* - : Projet européen 1994-1997 piloté par le Fraunhofer Institute (Allemagne) et orienté sur des recherches de méthodes de *DFR* - Design for Recycling - ou méthodes pour optimiser le recyclage et accroître la valeur des produits électriques et électroniques en fin de vie et ce en rapport avec le coût des techniques de recyclage (coût actuel) [ENGELBORGHS 96].

✔ **EDIP** - *Environmental Design of Industrial Products* – : Projet danois piloté par l'Institute for Product Development (IPU), ayant comme objet le développement de méthodologies d'Analyse de Cycle de Vie et de directives en matière d'éco-conception. Ce projet, achevé en 1996, fut à l'origine de l'élaboration d'une méthode d'ACV et d'un logiciel EDIP-Tool d'évaluation des impacts environnementaux des produits électroniques.

✔ **DFEE** - *Design For Environment in Electronics* : Projet de recherche finlandais (1.1998/12.1999) entre deux universités et plusieurs entreprises, destiné à développer des modes de collecte, mises à jour et distributions d'informations

environnementales utiles lors de développement d'éco-produits (via Internet par exemple), et à intégrer ces informations dans les logiciels de conception.

✔ **Eco-Design** : Projet de développement d'une méthode d'éco-conception adaptée aux PME des Pays Nordiques (Juin 1998/Fin 2000). L'objectif principal de travail est l'échange d'informations et d'expériences entre entreprises.

…

Outre ces projets, des centres technologiques de recherche sont également destinés à promulguer l'éco-conception dans les entreprises, en particulier les PME.
Ainsi depuis 1993 le programme australien **EcoReDesign**, dirigé par le Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT), a pour objet d'aider les entreprises de tout domaine d'activité à minimiser l'impact environnemental de leurs produits et améliorer leur compétitivité. Une première phase a d'abord concerné d'assez grandes entreprises et, depuis septembre 1997, ce sont les petites et moyennes entreprises qui bénéficient de l'aide d'experts du RMIT. L'une des caractéristiques de ce programme est donc l'"Assistance Ecodesign" nécessaire pour élaborer des stratégies et des outils pour des concepteurs peu expérimentés en matière d'environnement. Des ateliers de travail sont ainsi organisés avec le personnel de l'entreprise. Ils vont permettre d'identifier et de classer les problèmes environnementaux d'un produit puis de réfléchir à des possibilités d'améliorations. Le RMIT, moyennant finances, se charge alors d'élaborer un plan stratégique pour le développement du futur produit et d'assister aux travaux.
EcoReDesign a initié la publication de nombreux documents relatifs à ce programme : des brochures sur les nouveaux produits développés, une "EcoReDesign Newsletter" trimestrielle, un kit manuel & cassette vidéo "EcoReDesign Tool Kit" : *Good Design, Better Business, Cleaner World - A Guide to EcoReDesign* pour stimuler l'intérêt des concepteurs et fabricants australiens pour le développement d'éco-produits…

A l'instar du RMIT d'autres centres se sont également développés en Europe comme au Royaume-Uni où le Centre for Sustainable Design (CfSD) a récemment lancé le programme **ETMUEL** – *Ecodesign and Training for Manufacture, Use and End of Life for SMEs* – (1999-2001) destiné à donner une culture environnementale aux participants des différents groupes de travail, via des conférences, des formations diverses ("Managing Eco-Design"), des rapports, des outils (type check-lists, [CLARK *et al.* 99]), des informations sur des sites Internet pertinents, …

Aux Pays-Bas se sont développés des Centres d'Innovation auprès desquels les PME désireuses d'éco-concevoir peuvent s'adresser pour bénéficier de l'aide d'experts. Le

centre Kathalys[29], au sein de l'Université Technologique de Delft, offre son savoir-faire en matière d'exploration des marchés et analyses des besoins, d'élaboration de stratégies et de politiques, de méthodes d'innovation, d'analyses de produits (type ACV ou étude de coûts), de recherches de technologies, à toute entreprise tentée par l'innovation dans le contexte du développement durable.

Pour consolider l'échange d'expériences des universités et des entreprises, enfin, on pourra évoquer la tenue régulière d'un certain nombre de congrès et symposiums internationaux[30].

3. LES DIMENSIONS DE L'ECO-CONCEPTION

Ce paragraphe est consacré à la caractérisation précise de l'approche d'éco-conception selon trois dimensions fondamentales :

- La dimension stratégique : quels sont les facteurs externes et internes qui vont motiver une entreprise pour suivre cette approche ? Quels sont les niveaux de remise en cause possibles d'un produit et les moyens d'action envisageables pour l'entreprise ?

- La dimension organisationnelle : quels acteurs vont être mobilisés par un tel projet et comment l'entreprise va-t-elle s'organiser en interne et en externe ?

- La dimension cognitive : comment l'entreprise va-t-elle pouvoir s'inscrire dans une trajectoire de connaissance, apprendre, accéder aux informations nécessaires et les capitaliser ?

---

[29] KATHALYS : Ecodesign Business Centrum Nederland.

[30] Congrès et Symposiums Internationaux :

- ASME - The American Society of Mechanical Engineers - "*Design for Manufacturing Symposium*",
- CARE - A Comprehensive Approach for the Recycling of Electronics Innovation - "*International Symposium and Brokerage Event - Eco-Efficient Concepts for the Electronics Industry Towards Sustainability*",
- ECDM "*International Congress on Environmental Conscious Design and Manufacturing*",
- EcoDesign "*International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*",
- CIRP - Collège International pour l'Etude Scientifique des Techniques de Production Mécanique - "*International Seminar on Life Cycle Engineering*",
- ICED "*International Conference on Engineering Design*",
- IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers - "*International Symposium on Electronics & The Environment*",
- IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers - "*International Conference on Clean Electronics*",
- The Surrey Institute of Art & Design "*International Conference towards sustainable product design*", …

3.1. Dimension stratégique : les enjeux d'une démarche d'éco-conception

3.1.1. Les moteurs de l'éco-conception

Pour "éco-concevoir", une entreprise va être motivée par un ou plusieurs facteurs internes et externes. Pour distinguer ces deux types de facteurs, on parlera de moteurs externes pour désigner ce que DOIT faire l'entreprise vis-à-vis de l'environnement et de moteurs internes, pour désigner ce que VEUT faire l'entreprise vis-à-vis de l'environnement [BREZET *et al.* 97].
En somme, les moteurs externes relèvent plutôt d'une stratégie réactive de l'entreprise en réponse à des pressions extérieures : ils sont vécus comme des contraintes auxquelles l'entreprise doit se soumettre. Les moteurs internes, quant à eux, relèvent plutôt d'une stratégie proactive, d'une volonté délibérée de se positionner sur certains marchés, de faire des économies ou bien encore d'améliorer la qualité de ses produits. Ce sont des opportunités pour l'entreprise.

3.1.1.1. Les moteurs externes

Les principaux facteurs externes motivant une entreprise à se préoccuper d'éco-conception sont représentés sur la figure 5 suivante :

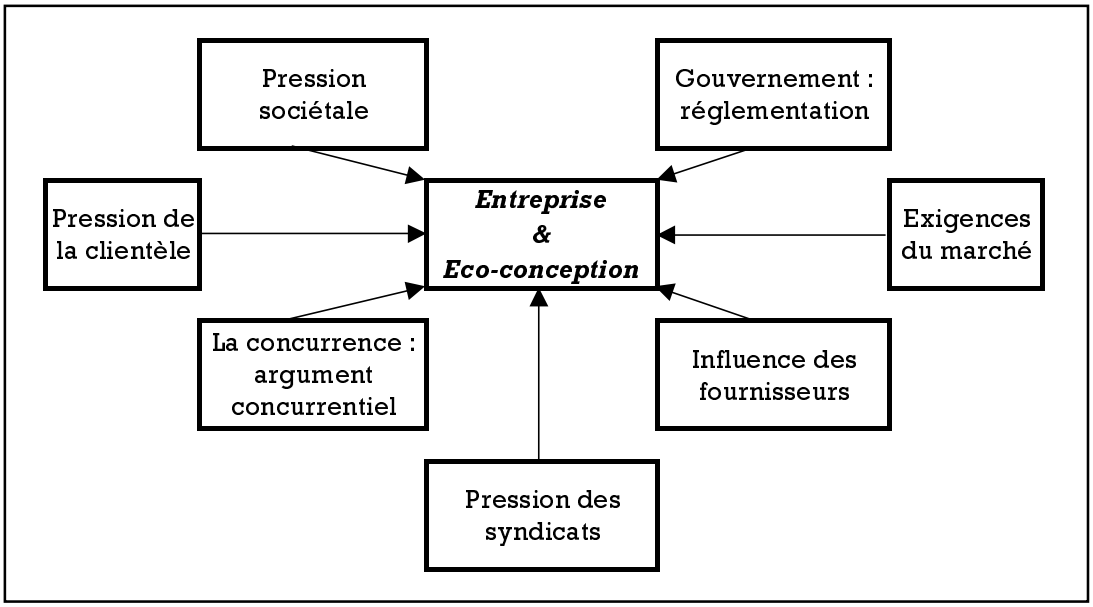


Figure 5 : Principaux moteurs externes de l'éco-conception.

3.1.1.1.1. La pression sociétale : le respect de l'environnement

Le concept de base qui motive une entreprise dans une approche environnementale dont l'éco-conception est tout simplement le respect même de la nature qui l'entoure. Les entreprises subissent de plus en plus fréquemment des pressions sociétales puisque bon nombre d'accidents aux conséquences catastrophiques sur la faune, la flore, la santé humaine, … et fortement médiatisés ont desservi la cause industrielle.
Les entreprises, reconnues responsables sont donc tenues par des collaborateurs, actionnaires, assureurs, groupes de pression (associations d'écologistes), riverains, groupes professionnels ou syndicats, de se comporter en entreprises "éco-citoyennes", tant au niveau de leurs sites que de leurs produits.

3.1.1.1.2. Le Gouvernement : la réglementation

On peut estimer d'après l'enquête réalisée auprès de plusieurs entreprises que la réglementation imposée par le gouvernement représente l'un des moteurs les plus forts de la prise en compte de l'environnement (voire le plus fort pour certaines), tant au niveau des sites de fabrication que des produits manufacturés, que les entreprises cherchent à la devancer (comportement écosensible d'entreprises proactives) ou tardent à s'y soumettre (comportement écodéfensif) [BUTEL-BELLINI 97]. Elle est de plus en plus drastique et concerne tous les secteurs.

Dès les années 70 en France, dans le domaine des déchets[31], la loi n°75-633 du 15 Juillet 1975 (modifiée en particulier par la loi n°92-646 du 13 juillet 1992), relative à l'émanation des déchets et à la récupération des matériaux, stipulait dans son article premier qu'il faut prévenir ou réduire leur production et leur nocivité, notamment en agissant sur la fabrication et la distribution des produits.
Cette loi introduisit la notion de "déchet ultime" - *déchet "qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux*" - et annonça qu'à compter du 1er Juillet 2002, les installations d'élimination des déchets par stockage ne seraient autorisées à accueillir que des déchets ultimes. Les taxes de mises en décharge deviendraient de ce fait de plus en plus dissuasives afin d'obliger le traitement des déchets.
Mais qui est responsable de ces dits déchets et de leur traitement ?
D'après la loi de 1975, il est dit que "toute personne qui produit ou détient des déchets, dans des conditions de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore, la faune, à

[31] Déchet : D'après l'article premier de la loi sur les déchets de 1975, est un déchet tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.

dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter lesdits effets".
Les producteurs de produits susceptibles d'engendrer des déchets sont donc tenus, dans certains cas, de pourvoir ou de contribuer à leur élimination.
Apparaissent ici les bases du principe de "pollueur-payeur", proclamé par la loi Barnier n°95-101[32] du 2 Février 1995, relative au renforcement de la protection de l'environnement.

Ces textes désignent donc les fabricants de produits comme des pollueurs en puissance, tenus entre autres d'assurer économiquement la collecte et le traitement de leurs produits usagés considérés comme "déchets".
Au niveau international également, l'OCDE[33] introduisit en 1995 le concept de responsabilité "étendue" du producteur (EPR : Extended Producer Responsibility), comme un moyen de minimiser la production de déchets. Ce concept fut adopté par quatre pays, la Corée, le Canada, l'Allemagne et le Japon, principalement pour les déchets d'emballage.
Le principe de responsabilité s'explique d'autant mieux que ce sont les fabricants qui déterminent les spécifications de leurs produits, choisissent les matériaux, les process de fabrication, ... Ils doivent de là être conscients des conséquences éventuelles de leurs choix en terme de pollution et seraient à même d'être les acteurs tout désignés d'une amélioration : conception des produits en vue de leur assurer un cycle de vie le moins néfaste possible pour leur environnement et en particulier une valorisation plus aisée et une élimination plus propre en fin de vie.
L'objet principal des textes de loi réside donc dans l'incitation des industriels à modifier quelque peu leurs activités pour concevoir des produits moins polluants, aisément et économiquement retraitables, et ce d'autant plus qu'ils sont complexes en termes de structure et de composition, comme ceux des domaines électrique et électronique.
Aujourd'hui, plus de 90% des déchets issus des produits de ces domaines (y compris les produits en fin de vie) sont mis en décharge ou incinérés sans traitement préalable. Cela représente des risques environnementaux forts en particulier des émissions de substances toxiques ; ainsi, des études récentes ont estimé que les émissions, engendrées par l'incinération des déchets électriques et électroniques, représentaient au

---

[32] Loi n°95-101 du 2 Février 1995 : Cette loi proclame outre le principe de "pollueur-payeur",
- le principe de "précaution" selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable
- le principe d'"action préventive et de correction par priorité à la source", des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable
- le principe de "participation", selon lequel chaque citoyen doit avoir accès aux informations relatives à l'environnement, y compris celles relatives aux substances et activités dangereuses.

[33] OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

niveau de la communauté européenne près de 36 tonnes/an de mercure et 16 tonnes/an de cadmium, sans compter les rejets de dioxines et de furanes.
Concernant la mise en décharge de ces déchets, les risques de contamination des sols et des nappes phréatiques par l'émanation de substances dangereuses et les lixiviats contenants notamment du mercure (issus des disjoncteurs) ou du PCB[34] (issu des condensateurs) sont nombreux.
Le recyclage de déchets électriques et électroniques, bien que bénéfique en termes d'économie de matière ou d'énergie (120 millions de GJ estimés économisés annuellement), présente encore de nombreux inconvénients lors des différents traitements à effectuer : présence de retardateurs de flamme halogénés dans les plastiques pouvant entraîner des émissions de dioxines lors d'opérations d'extrusion, rejets de métaux lourds lors des broyages, ... Ces problèmes pourraient bien être réduits par des désassemblages propres (dépollutions pré-broyages) et des opérations de pré-traitement. Mais, ce n'est malheureusement pas le cas la plupart du temps.

Après le domaine des emballages, les lois se multiplient donc, en France comme dans bien d'autres pays, dans le but d'accroître le recyclage "propre" des déchets électriques et électroniques et pousser les industriels, déclarés responsables des pollutions, à s'organiser pour les éviter. Il est cependant parfois difficile d'y voir clair tant les disparités réglementaires nationales sont nombreuses, en particulier sur cette notion de responsabilité des fabricants vis-à-vis de leurs produits en fin de vie.
Les positions nationales dans le cadre des produits électriques et électroniques usagés sont les suivantes, d'après le tableau 5 ci-après (situation en Juillet 1999).
*Un tableau **plus complet** est présenté en Annexe 3.*

[34] PCB : Polychlorobiphényle.

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Allemagne UE	▪ ***Informatique***	Collecte par les collectivités locales. Collecte et traitement par les fabricants / importateurs.	Avant décret : taxe de reprise pour l'utilisateur final. Après décret : Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Pas encore de décret d'application : prévu au **1.1.99** mais toujours en projet.
	▪ ***Téléphonie***	Pas de mode de collecte établi.	Taxe de reprise pour l'utilisateur final.	
Autriche UE	▪ ***Bureautique*** ▪ ***Informatique*** ▪ ***Vidéo***		Taxe sur la vente de nouveaux produits.	Pas de décret. Attente des développements européens Existe une norme *Ö-NORM S 2106* : "meilleures pratiques pour la fin de vie des produits électriques et électroniques".
	▪ ***Produits blancs*** ▪ ***Lampes***		Taxe de reprise pour l'utilisateur final.	Réglementation en place.
Belgique *Flandres* UE	▪ ***Produits blancs*** ▪ ***Produits bruns***	Collecte par les fabricants, importateurs et distributeurs. Objectifs de recyclage des métaux ferreux, non ferreux et des plastiques.	Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Réglementation flamande sur la prévention et le management des déchets (VLAREA) entrée en vigueur à partir du **26.4.98**. Pour les produits bruns et blancs obligations à partir du **1.7.99**. Discussions pour l'adoption d'un covenant pour la collecte des produits électroniques.
Belgique *Wallonie* UE	▪ ***Produits électroniques (listés dans le plan de management des déchets adopté le 15.1.98)***	90% des appareils électroniques ménagers et industriels doivent être collectés à partir de 2000 et 95% à partir de 2005		Décret en discussion.

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Danemark UE	▪ ***Produits blancs*** ▪ ***Produits bruns*** ▪ ***Informatique*** ▪ ***Téléphonie*** ▪ ***Equipements médicaux*** ▪ ***Equipements de laboratoire*** ▪ ***Transformateurs***	Collecte et traitement par les collectivités locales (et non les producteurs).	Taxe de reprise ajoutée à la taxe des ordures ménagères. Retour gratuit pour les utilisateurs individuels et les distributeurs. Taxe supplémentaire de reprise pour les professionnels. L'industrie doit également payer pour l'enlèvement	Décret en vigueur au **1.1.99.**
Espagne UE	▪ ***Produits électriques et électroniques (général)***		Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Etudes pilotes en cours. Pas de réglementation.
Finlande UE	▪ ***Produits électriques et électroniques (général)***	Etude pilote sur la collecte et la valorisation.	Taxe sur la vente de nouveaux produits.	Etude pilote en cours. Pas de réglementation.
France UE	▪ ***Produits électriques et électroniques (général)***	En faveur de la responsabilité partagée.		Pas de réglementation.
Irlande UE	▪ ***Produits électroniques***			Discussions en cours pour un accord volontaire.
Italie UE	▪ ***Réfrigérateurs*** ▪ ***Machines à laver*** ▪ ***Téléviseurs*** ▪ ***Ordinateurs*** ▪ ***ventilateurs***	Collecte et traitement des réfrigérateurs en place en 1997. Extension fin 2000 pour les ordinateurs et les téléviseurs.	Retour gratuit sous condition d'achat d'un nouveau produit.	En cours. Décret sur le management des déchets du **5.2.97** amendé par celui de **8.11.97** où l'Art.44 prévoit la mise en place de points de collecte par les industriels.

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Luxembourg UE	▪ ***Réfrigérateurs***	Système de collecte SuperFreonsKëscht initié en 1990.		Attente de la directive européenne pour les PEEFV.
Pays-Bas UE	▪ ***(1) Informatique, Téléphonie, Réfrigérateurs, machines à laver sèche-linge ordinateurs, imprimantes.*** ▪ ***(2) Equipements pour chauffage et eau chaude***	Fabricants et importateurs responsables de la collecte à partir des points de collecte municipaux et des détaillants	Taxe sur la vente de nouveaux produits (montant imposé au cas par cas).	Décret du **21.4.98** qui entre en vigueur au **1.1.99 :** incinération interdite au 1.1.99 pour matériels volumineux (+ collecte des (1)) et au **1.1.00** pour petits matériels. (+ collecte des (2)).
Royaume-Uni UE	▪ ***Produits électriques et électroniques***	Etudes pilotes en cours.		Pas de réglementation. En attente des résultats des projets pilotes.
Suède UE	▪ ***Produits électroniques***	Collecte et traitement par les fabricants. Obligation d'informer l'utilisateur final. Traitement préalable obligatoire avant incinération, broyage, …	Taxe sur la vente des nouveaux produits.	Prévue au **1.1.00**, mais attente des nouvelles réglementations sur le traitement des PEEFV par l'EPA suédoise.
Norvège	▪ ***Electroménager*** ▪ ***Bureautique*** ▪ ***Informatique*** ▪ ***Téléphonie***	Collecte par les collectivités locales et les détaillants. Collecte par les fabricants (pour les produits vendus avant le décret). Taux de collecte minimum : 80% dans les 5 ans. Financement par les producteurs et les importateurs.	Taxe sur la vente de nouveaux produits. Les prix des produits ont augmenté de 20 à 300 NKr.	Ordonnance sur la collecte et la reprise des produits électroniques en fin de vie du **16.3.98** entrant en vigueur à partir du **1.7.99**.
	▪ ***Réfrigérateurs*** ▪ ***Congélateurs***	Collecte par les collectivités locales depuis 1997.		

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Suisse	▪ ***Bureautique*** ▪ ***Informatique et électronique de loisirs*** ▪ ***Electroménager*** ▪ ***Ballasts des lampes contenant des PCBs*** ▪ ***Produits Blancs***	Collecte et traitement de leurs produits par les fabricants. Collecte de tous les produits par les détaillants.	Retour gratuit pour l'utilisateur final incité à acheter un nouveau produit (au choix de l'industriel). Si aucun arrangement des industriels, taxe de reprise imposée par le gouvernement.	Décret sur la collecte et l'élimination des appareils électriques et électroniques du **14.1.98** entrant en vigueur au **1.7.98**.

Tableau 5 : Revue réglementaire européenne sur la reprise des produits électriques et électroniques en fin de vie (PEEFV).

Sources : *Revue "online" Product Stewardship Advisor* ***(http://www.cutter.com/psa/)****, article : The Progress of Takeback Legislation for Electronic Equipment Around the World (Février 1998).*
Propos de Herber Enmarch-Williams dans un rapport de l'association "The Surrey and Hampshire Environmental Business Association".
3ème proposition d'un projet de Directive Européenne sur les produits électriques et électroniques en fin de vie (5 Juillet 1999).

Ces diversités d'approches, tant sur les produits concernés, les responsabilités que les dates de mise en application des lois, engendrant de nombreux problèmes comme des barrières au commerce international, des distorsions de concurrence ou bien encore des disparités de charge financière sur les producteurs, une directive européenne - dont le troisième projet a été publié le 5 Juillet 1999 - est actuellement en préparation par la DG XI pour tenter d'harmoniser les mesures de tous les Etats membres.
Cette directive prônant la prévention des déchets électriques et électroniques, leur valorisation et l'élimination "propre", couvre un grand champ d'application puisque pas moins de onze secteurs professionnels sont concernés : Grands et petits appareils ménagers, équipements informatiques, télécommunications, radio – TV – électroacoustique, matériels d'éclairage, équipements médicaux, instruments de surveillance et de contrôle, jouets, outils électriques et électroniques et distributeurs automatiques.

Au regard de cette réglementation européenne, chaque Etat membre devra :

- mettre en place des mesures pour améliorer le recyclage des produits :
  - Réduction de l'utilisation de substances dangereuses et du nombre de différents types de matières plastiques
  - Incitation à la conception et production de produits faciles à réparer, démonter, valoriser, en renforçant les possibilités de réutilisation
  - Marquage normalisé des composants et matériaux (de plus de 50 g)
  - Elimination, sauf exceptions, de l'emploi du plomb, du mercure, du cadmium, du chrome hexavalent, des PBBs[35] et PBDEs[36] au 1er Janvier 2004

- s'assurer du bon déroulement des opérations de collecte des produits en fin de vie :
  - Vérification de la mise en place par les producteurs des points de collecte des produits
  - Acceptation par les distributeurs de la reprise gratuite des produits rapportés par un consommateur achetant un produit similaire, à condition que ces produits soient exempts de substances contaminantes (dont les substances radioactives ou biologiques)
  - Objectifs de la collecte sélective devant être atteints, à savoir : taux minimum de 4 kg en moyenne par habitant et par an de produits en fin de vie provenant des ménages

- s'assurer des opérations de pré-traitement et traitement des produits collectés destinés à la décharge, l'incinération ou la valorisation.

- s'assurer de la mise en place par les producteurs de système de valorisation des produits collectés :
  - Au 1er Janvier 2004, les ***taux massiques*** de recyclage et de réutilisation des produits (%) devraient être les suivants d'après le tableau 6 ci-après.

[35] PBBs : Polybromobiphényles.
[36] PBDEs : Polybromodiphénylethers.

Type d'équipements		Taux massique de réutilisation et recyclage minimum
1	Grands appareils ménagers	**90**
2	Petits appareils ménagers	**70**
3	Equipements informatiques	**70***
4	Télécommunications	**70***
5	Radio, TV, électroacoustique	**70***
6	Eclairage**	**90**
7	Equipements médicaux	**70**
8	Instruments de surveillance et de contrôle	**70**
9	Jouets	**70**
10	Outils électriques et électroniques	**70**
11	Distributeurs automatiques	**70**

Tableau 6 : Taux de réutilisation et de recyclage minimum préconisés par la future Directive Européenne sur les Produits Electriques et Electroniques en fin de vie.

Source : *Revue "Environnement", n°16, Septembre 1998, p. 20.*

---

* ***Exception*** *: 90% de taux massique de réutilisation et recyclage minimal pour les PEEFV contentant un tube à rayonnement cathodique.*

** *Type d'équipements concernant* ***Philips Eclairage****, l'entreprise ayant partiellement collaboré à ces travaux de recherche.*

Remarque : Pour la mesure des taux de recyclage, le dénominateur est constitué par le total en poids des matériaux contenus dans les appareils envoyés au recycleur. Le poids est calculé sur la base de la composition moyenne des appareils respectifs. Le numérateur est constitué par le poids des matériaux envoyés à des entreprises de recyclage spécialisées (par le recycleur).

- Encouragement à la valorisation énergétique des produits collectés
- Encouragement des producteurs à accroître l'emploi de matériaux usagés ou recyclés dans la fabrication de nouveaux produits

- s'assurer que les ménages peuvent retourner leurs produits gratuitement et que les coûts de collecte, traitement, valorisation et élimination propre sont

supportés par les producteurs (seuls ou en association dans des systèmes collectifs).

- s'assurer que les utilisateurs peuvent obtenir les informations nécessaires sur les systèmes de collecte, leur rôle dans l'organisation de la valorisation des produits en fin de vie et les symboles de marquage, de manière à réaliser des taux élevés de collecte.
- s'assurer que les producteurs informent suffisamment correctement, en termes de structure et de composition des produits, les unités chargées de les traiter.

L'adoption de cette directive est toujours à ce jour fortement discutée puisqu'elle s'oppose à des lobbies très forts de la part des associations européennes d'industriels[37] [HERMAN 98].

- Ces dernières estiment en effet que certaines propositions sont inacceptables, à commencer par des objectifs trop précis, irréalistes et pas assez progressifs, un champ d'application trop vaste et des contraintes sur la conception vécues comme des entraves aux progrès technologiques et aux échanges commerciaux.

- L'objectif chiffré de réduction de la quantité de déchets envoyés en décharge ne semblerait par ailleurs pas suffisamment clairement exprimé.

- Les industriels souhaitent que soit réintroduite la notion de responsabilité partagée des différents acteurs concernés par le cycle de vie des produits, depuis les fournisseurs jusqu'au collecteur-recycleur sans oublier l'utilisateur.

- Le bannissement de certaines substances est considéré comme «*inconcevable en l'absence de substituts assurant les mêmes performances, à un coût supportable avec des conséquences environnementales moindres et avérées. Il ne peut relever que de directives horizontales après avoir donné lieu à des études économiques et scientifiques*».

[37] Principales associations européennes face aux propositions de la future Directive Européenne PEEFV : **ORGALIME** (Groupe de liaison des industries européennes mécaniques, électriques, électroniques et de travail des métaux), **EUROBIT** (Produits informatiques), **EACEM** (Produits électroniques Grand Public), **ECTEL** (Télécommunications), **EECA** (Composants électroniques), **ELC** (Entreprises de l'Eclairage), **EUROPACABLE** (Fils isolés et câbles), **CECED** (Produits Blancs), **EUCOMED** (Equipement médicaux), **CELMA** (Fabricants de luminaires), **ICER** (Recyclage des équipements électriques et électroniques) ...

- S'agissant du financement, il est estimé que la proposition devrait préciser que l'acheteur devra supporter le coût de la valorisation et du recyclage des produits et que les systèmes de collecte devront être assurés par des industriels spécialisés. Chacun des secteurs concernés devrait pouvoir proposer sa propre solution, en s'octroyant notamment la possibilité d'ajouter une contribution environnementale visible au prix du nouvel appareil, laquelle serait d'un montant déterminé par le secteur lui-même. Dans le cas d'utilisateurs professionnels, le mode de financement pourrait bien être librement négocié entre le producteur et le dernier détenteur.

- Enfin, la proposition ne devrait concerner que les produits introduits sur le marché à compter de sa publication et impérativement différencier les produits grand public (produits ménagers) des produits professionnels, notamment en termes de taux de collecte.

Ces observations sont au cœur de nombreuses discussions se poursuivant à l'intérieur même de la DG XI, lesquelles retardent la consultation inter-services avec les autres directions de la commission et l'adoption définitive de la Directive.

Il semblerait que les entreprises se jouent en fait beaucoup de la réglementation pour servir leurs intérêts et tantôt freiner son évolution, tantôt la devancer, par l'intermédiaire de groupes de pression. Ainsi, d'un côté, elles critiquent les objectifs irréalistes d'une future Directive mais de l'autre déplorent le fait que la législation ne serve qu'à « *entériner une situation* » (propos du "Product Environment Manager" de Thomson Multimédia).
En fait, les entreprises profitent souvent de la confusion engendrée par une multitude de réglementations européennes, une prolifération de lois, d'arrêtés, de décrets dans tous les domaines et de ce que M. Prieur qualifie « *d'une relative inefficacité du droit de l'environnement due à l'inertie des administrations chargées de surveiller l'environnement* », lesquelles, pour lui « *n'osent pas agir de crainte de freiner le développement industriel* » [PRIEUR 89].
Parfois, elles auront donc beau jeu de se définir des règles plus drastiques que celles imposées par les réglementations[38] pour montrer les faiblesses du système. Dans d'autres cas, elles feront pression pour ralentir l'adoption de textes qualifiés d'"anti-commerciaux" (trop directifs) ou de trop ambigus (pas assez directifs) ; une majeure partie de grandes entreprises sont ainsi représentées dans des commissions de réglementation en matière d'environnement. Elles peuvent alors faire une veille

[38] Selon les cas, sur le marché international, certaines entreprises prendront en compte les législations les plus fortes, d'autres adapteront leurs produits à chacune des réglementations nationales afin d'éviter d'éventuelles distorsions de concurrence, tandis que certaines enfin adopteront leurs propres standards, souvent plus drastiques que les réglementations nationales car basés sur la pondération des lois les plus contraignantes.

réglementaire active, tenter de rendre les textes "censés" et "compatibles" avec le milieu industriel et anticiper[39] les directives ; elles ont donc tout intérêt à ralentir par des lobbies très puissants la publication des textes pour commencer à s'y préparer …

Du côté du législateur, il s'avère que les messages ambigus de certains textes relèvent davantage d'un choix volontaire en connaissance de cause que d'un manque de connaissances du milieu industriel puisque des études ont montré que l'émetteur d'un texte avait avantage à créer de l'ambiguïté pour élargir le choix des actions suggérées par le message [LANDRY 95] : l'ambiguïté peut être présentée comme un excellent vecteur d'incitations, ce qui peut tout à fait convenir à des entreprises proactives.

3.1.1.1.3. La pression de la clientèle : un consumérisme vert ?

Depuis quelques années, l'opinion publique est de plus en plus sensibilisée à l'environnement par les médias : les informations, les publicités, … . Mais de là à parler d'un véritable consumérisme vert, il y a un pas que nous ne franchirons pas. En effet, si le président de Toyota déclarait en 1997 que le XXIème siècle serait «*le siècle de l'environnement*», et qu'un des moyens de séduire le consommateur serait de faire des voitures plus propres, plus économiques, prenant en compte les contraintes d'environnement, il n'en demeure pas moins qu'aujourd'hui le caractère vert d'un produit n'est pas encore un argument de vente décisif.
Pourtant cette préoccupation environnementale des consommateurs, née dans les années 70 dans un mouvement écologique de contestation dénonçant l'irresponsabilité des industriels, s'était peu à peu institutionnalisée et démocratisée dans les années 80. En 1991, un sondage de BVA évaluait de 50 à 80% la proportion de consommateurs prêts à acheter un produit respectueux de l'environnement, cette prédisposition allant même jusqu'à l'achat de produits plus chers ou au boycott de marques "non vertes", notamment en Allemagne. Mais depuis quelques années, la préoccupation environnementale a été reléguée au second plan derrière d'autres préoccupations comme l'emploi, la sécurité ou la maladie et le consumérisme vert s'essouffle quelque peu. Les autres raisons du ralentissement de la vague tiennent à une foison d'écolabels[40] et d'auto-déclarations environnementales reconnues comme floues, à une forte impression que les industriels

[39] L'anticipation réglementaire est généralement un bon moyen d'intégrer progressivement de nouvelles caractéristiques environnementales dans les produits en évitant de lourds investissements (modifications précipitées et onéreuses de la conception) qui entraîneraient un prix de vente rédhibitoire.

[40] Quelques écolabels officiels nationaux et internationaux, généraux : NF-Environnement (France), Cygne Blanc (Pays scandinaves), Ange Bleu (Allemagne), Milieukeur (Pays-bas), Green Seal (USA), Eco-Mark (Japon), Ecolabel Européen (CEE)…
Quelques écolabels spécifiques : Energy Star (Economiseur d'écran ; USA), Energy 2000 (Economiseur d'écran ; Suisse), TCO (PC ; Suède), TUV (Matériel de bureau ; Allemagne)…
Quelques labels autodéclarés : « Maison Verte », « Chouchoutons notre terre » (3 Suisses), …
Autres marquages possibles : Point-vert Eco-Emballage, Boucle de Moebius (Cartons d'emballage), … [BOEGLIN 98].

se saisissent de l'argument vert à des fins uniquement commerciales, voire même que la prise en compte de l'environnement peut être parfois au détriment de la qualité ou de la performance du produit. D'autre part, A. Kärnä estime que les clients manquent trop souvent d'informations environnementales concrètes relatives aux produits comme leur consommation d'énergie, leur composition ou des instructions sur le traitement de ces produits en fin de vie. Avec un minimum d'informations compréhensibles, ils pourraient plus facilement reconnaître les avantages environnementaux de tel ou tel produit[41] et en tenir compte dans leur choix [KÄRNÄ *et al.* 98].

Quoi qu'il en soit la préoccupation environnementale demeure néanmoins présente chez certains consommateurs, et les entreprises percevant cette motivation[42] parmi leur clientèle s'organisent pour en faire un critère décisif de choix d'achat.

D'après notre enquête et bien d'autres encore [BUTNER 95], [ROY *et al.* 97], cette pression de la clientèle va s'exprimer différemment :

✔ ***selon le type de clients*** : industriels, grossistes, distributeurs, associations ou gouvernements, grand public (le consommateur "Λ" par excellence).

Pour l'heure, les industriels (appelés Grands Comptes) et les instances du gouvernement (aux Etats-Unis en particulier) sont les plus sensibles à la prise en compte de l'environnement dans les produits. Ils peuvent exiger au constructeur telle ou telle caractéristique dans le produit, un label particulier, un contrat de reprise (échange du produit usagé contre un produit neuf), ...

Les distributeurs et grossistes ne sont eux pas encore très demandeurs.

En ce qui concerne le grand public, il semblerait que le critère environnement soit souvent vu comme un facteur de confort, un "plus" en quelque sorte par rapport aux autres critères prioritaires comme le coût, la performance et la qualité. Mais si l'argument vert n'est pas forcément un argument "pour vendre plus", le caractère non-vert d'un produit va devenir de plus en plus rédhibitoire. En fait, certains s'estiment

[41] Un guide à l'usage des *consommateurs amoureux de leur environnement* a été édité en 1989 ; il recense 350 produits conçus pour respecter l'environnement : "Le nouveau shopping écologique" [CASTET *et al.* 89].

[42] Cas de l'entreprise Tetra Pak : Elle fournit des emballages de conditionnement. Afin de motiver ses clients, producteurs de liquides - jus de fruit, lait, ...- pour acheter ces emballages, elle n'hésite pas à utiliser l'argument vert : « *Séduisez vos clients* (les consommateurs finaux) *qui ont à cœur la protection de la nature : protéger et sauvegarder l'environnement constitue pour les consommateurs une priorité qui se répercute jusque dans leurs achats les plus quotidiens. En choisissant Tetra Pak pour le conditionnement de vos liquides, vous séduirez vos clients - chaque jour plus nombreux - aux arguments écologiques : ..... ; Offrez à vos clients la protection de la nature selon Tetra Pak. Ils vous le rendront au centuple.* »

prêts à payer plus cher des produits[43], soit parce qu'ils ont effectivement conscience qu'ils agissent ainsi pour l'environnement en achetant des produits déclarés verts (ils le perçoivent dans leur environnement proche), soit parce qu'ils considèrent alors qu'ils payent les produits suffisamment cher pour ne pas se soucier de la question environnementale, pour laquelle le fabricant est rigoureusement tenu responsable (cas de l'automobile notamment).

✔ ***selon les origines des clients*** : Europe du Nord (Scandinavie, Suisse, Allemagne), Europe du Sud, Amérique du Nord, Asie.

Les clients nord-européens ou américains sont toujours plus exigeants en matière d'environnement que ceux d'Europe du Sud, d'Amérique du Sud ou d'Asie. C'est une différence de culture, de sensibilité vis-à-vis de la nature et certainement également de niveau de vie : l'environnement coûte parfois cher et certains pays en voie de développement ont bien d'autres priorités.
Des études ont montré que les allemands, par exemple, sont prêts à payer plus cher des produits dits "verts".

✔ ***selon le domaine d'activité et le type de produits fabriqués*** :

On peut parler de clients préoccupés par l'environnement essentiellement dans des secteurs à risques et/ou réputés polluants, comme l'industrie chimique, l'industrie du nucléaire, l'industrie automobile, …, pour des produits tels que les piles et batteries, les détergents, …
Les produits électriques et électroniques ne sont pas encore perçus comme des produits ayant des impacts sur l'environnement puisqu'"ils ne semblent pas polluer".
Ainsi, dans le cas de produits électriques ou électrotechniques (transformateurs, disjoncteurs, interrupteurs …) les exigences environnementales des clients sont encore bien faibles. Les principales exigences s'expriment en termes de qualité, de coût, de sécurité, de performance, et de facilité de maintenance.
Dans le cas des produits électroniques ou informatiques, les pressions sont néanmoins plus fortes (cas des entreprises Philips, Hewlett Packard et Texas Instruments enquêtées) et ce notamment au niveau de l'aptitude au désassemblage des produits usagés, du recyclage de composants, de la toxicité des matériaux, de la réduction de la consommation d'énergie lors de l'utilisation (cas des ordinateurs, des réfrigérateurs et congélateurs, des téléviseurs…).

[43] Le propos est bien entendu à nuancer car si, dans le cadre d'enquêtes sur la consommation, d'aucuns se déclarent prêts à payer plus chers des produits respectueux de l'environnement, il n'en sera pas forcément de même lorsqu'ils seront en situation d'achat …

La principale différence de pression va grandement dépendre en fait du type de marché visé, selon que l'on parle de produits "grand public" ou de produits industriels.
Ainsi dans le cas des :

- ***produits "grand public"*** [44]: la clientèle est plus large, moins identifiée, moins ou mal informée ; ses exigences en termes d'environnement sont assez "vagues" et plutôt basées sur des critères d'ordre socio-culturel.

- ***produits industriels*** [45]: la clientèle est plus identifiée et mieux informée donc plus disposée à avoir des exigences en matière d'environnement mais parfois la technique, les performances et la qualité sont essentielles donc prioritaires, et ce pour des produits de longue durée de vie (cas des produits électrotechniques cités précédemment).

Cette différence de pression va également se traduire par des différences d'exigences environnementales nécessitant des stratégies d'éco-conception adaptées. Nous en reparlerons dans le paragraphe consacré aux axes stratégiques envisageables.

Pour finir, il est bien entendu impossible de définir le stéréotype du consommateur vert (principalement le consommateur grand public) puisqu'il va dépendre du pays, du marché, du domaine d'activité mais plusieurs caractéristiques générales ont pu être dégagées lors d'enquêtes [MEINDERS 97b] : « *il s'agit plutôt d'une femme, mère de famille et ayant reçu une bonne éducation* ». Son comportement à l'achat de produits "durables" (par opposition aux consommables) n'est pratiquement pas motivé par la présence d'informations environnementales sur le produit mais par l'intérêt envers des qualités vertes comme la durabilité, l'absence de nuisances sonores, les économies d'énergie et par un design - au sens artistique - qui se distingue d'un design classique.

3.1.1.1.4. Les exigences du marché

De plus en plus fréquemment, et particulièrement dans le domaine de l'électronique ou de l'informatique, la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits permet de ne pas perdre de marchés. C'est encore un risque perçu comme faible mais néanmoins effectif sur des marchés où les concurrents scandinaves ou allemands ont déjà

[44] Produits "grand public" : biens et services de ***consommation courante*** (pour les besoins journaliers comme les produits agro-alimentaires), biens et services de ***consommation occasionnelle*** (électroménager, mobilier, ...) et biens et services de ***consommation exceptionnelle*** (automobile, immobilier, ...).

[45] Produits industriels : matières premières, matériaux intermédiaires, composants ou accessoires, biens lourds ou légers d'équipement, biens de consommation pour l'industrie, services industriels.

intégré certaines exigences. Les entreprises n'ont pas le choix dans ce cas pour rester adaptées au marché et vendre dans des pays où les clients ont une sensibilité écologique plus accrue et où le critère environnement figure parmi les critères de choix prépondérants (c'est encore rare). Certains distributeurs même peuvent avoir des exigences draconiennes en matière de performance environnementale.
En résumé, le critère environnement ne peut être considéré comme un facteur de vente, mais sa non prise en compte peut entraîner un refus pour le produit de pénétrer certains marchés.

3.1.1.1.5. La concurrence : nécessité d'un argument concurrentiel

L'environnement est pour l'heure un critère que les entreprises doivent de plus en plus systématiquement prendre en compte pour ne pas se laisser distancer par leurs concurrents. Certaines sociétés vont même l'utiliser comme un atout pour différencier leurs produits de la concurrence et la devancer. Il va donc s'agir d'évaluer les performances environnementales des produits concurrents afin d'établir des priorités de développement et de fixer des objectifs plus ambitieux encore en termes de réduction de la consommation d'énergie ou de l'amélioration de la recyclabilité, l'objectif à atteindre étant d'assurer à l'entreprise une position de leader sur tous les critères d'achat.
Le désir de pénétrer de nouveaux marchés avant la concurrence est aussi motivé par l'accroissement du marché de produits et services environnementaux ; l'OCDE estime en effet que ce marché deviendra dans les années 2000 plus important que les marchés des industries chimiques et aérospatiales réunis.

3.1.1.1.6. La pression des syndicats

Certaines organisations industrielles comme les syndicats vont parfois encourager les entreprises à se définir des codes de conduite en matière d'actions environnementales et s'organiser en groupes de travail pour réfléchir sur des problématiques communes de la profession en termes d'éco-conception (problèmes des listes de substances interdites, du calcul du taux de recyclabilité d'un produit ...).

3.1.1.1.7. L'influence des fournisseurs

Quelques fournisseurs, parmi les principaux d'une entreprise, vont contribuer à des modifications du mode de travail de leur client en proposant quelquefois des matériaux ou procédés nouveaux engendrant des innovations technologiques en termes de

structure ou de composition des produits, lesquelles pourront se solder par des avantages économiques et environnementaux.
Ce cas reste toutefois isolé, puisque la situation est le plus souvent contraire où l'industriel motive ses fournisseurs dans la prise en compte de l'environnement dans leurs activités.

3.1.1.2. Les moteurs internes

Les principaux facteurs motivant une entreprise à se préoccuper d'éco-conception sont représentés sur la figure 6 ci-après.

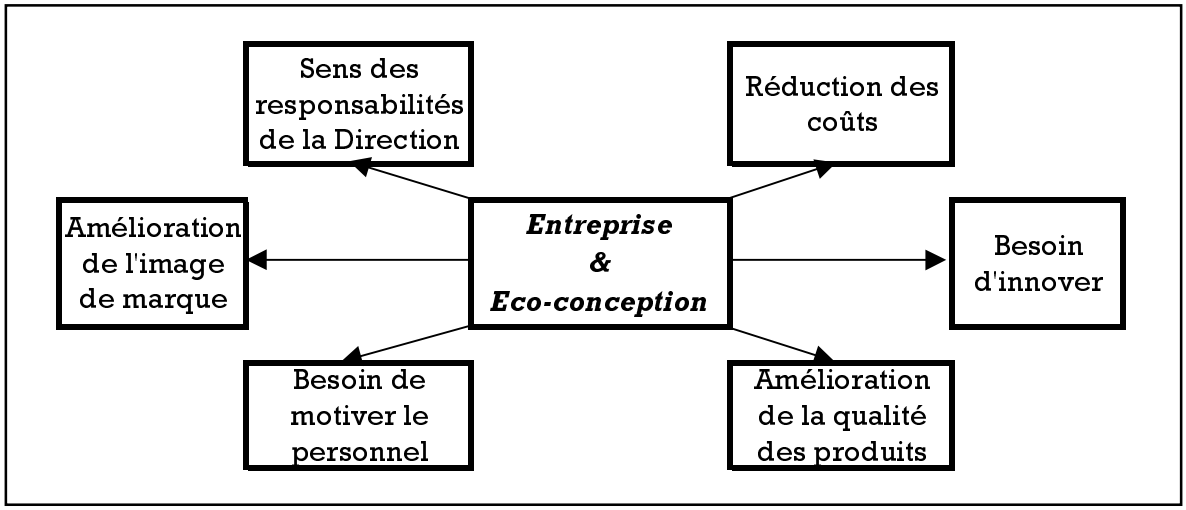


Figure 6 : Principaux moteurs internes de l'éco-conception.

3.1.1.2.1. Le sens des responsabilités de la Direction

Nombre de travaux dans les entreprises ne sont engagés qu'avec l'aval de la Direction de l'entreprise, *que ce soit dans l'environnement ou d'autres domaines d'ailleurs*.
La politique, les objectifs à atteindre et les stratégies d'action sont donc déterminés par la Direction. Si elle est consciente d'une part des responsabilités qui incombent au monde industriel pour remédier aux impacts néfastes qu'il a infligés à l'environnement et d'autre part des enjeux représentés par le développement durable, elle sera prête à engager des actions pour concevoir en respectant l'environnement. *Pour l'heure les directions d'entreprises prêtes à œuvrer pour le développement durable sont encore peu nombreuses en France*.

3.1.1.2.2. Le besoin de réduire les coûts

Pour la plupart des entreprises pionnières, la prise en compte de l'environnement est volontaire dans le but d'économiser matière et énergie, de minimiser les coûts de gestion et de traitement des déchets et produits en fin de vie.
Si une économie immédiate peut être réalisée en consommant moins d'énergie et de matériaux pour la fabrication des produits, une réduction financière pourra également être opérée sur un plus long terme en générant moins de déchets et de substances toxiques à traiter, en cours de fabrication ou en fin de vie. Ces déchets potentiels devraient être de plus en plus taxés par la réglementation, et leur traitements de plus en plus onéreux. Une entreprise qui aura su avoir cette vision proactive et concevoir des produits aisément retraitables en fin de vie pourra compter sur des économies substantielles, notamment en récupérant des composants ou utilisant dans la fabrication de produits neufs des matériaux recyclés de produits usagés. *Ainsi chez Rank Xerox les unités de fabrication, les plus grandes productrices de déchets solides, ont déjà réduit cette production de 50 % : les pièces et équipements (circuits imprimés, modules d'alimentation électrique, unités de développement, ...) sont démontés et certaines pièces réutilisables récupérées ainsi que des matières premières recyclables utilisées dans de nouveaux produits (l'un des photocopieurs de la gamme contient près de 80% de pièces recyclées). Il est clair que Rank Xerox peut faire des économies non négligeables puisqu'elle introduit sur le marché d'une part des photocopieurs neufs contenant des éléments recyclés qui répondent aux mêmes spécifications que les éléments neufs et d'autre part des photocopieurs recyclés réassemblés en usine, qui bénéficient des mêmes garanties que les équipements neufs.*

L'entreprise pourra également parfois compter sur des baisses de primes d'assurances pour des produits moins dangereux.

La figure 7 suivante, extraite d'un rapport du professeur Brezet [BREZET *et al.* 94], montre ainsi la courbe des coûts environnementaux à supporter pour deux types d'entreprises : l'une proactive ayant su anticiper l'évolution de la réglementation et l'autre suiveuse (attitude dite "wait-and-see"), attendant que les textes soient officiels pour réagir ...

<u>Remarque</u> : Pour la représentation ci-dessous nous faisons effectivement l'hypothèse de l'émergence effective du problème environnemental et de la nécessité d'appliquer la réglementation s'y rapportant.

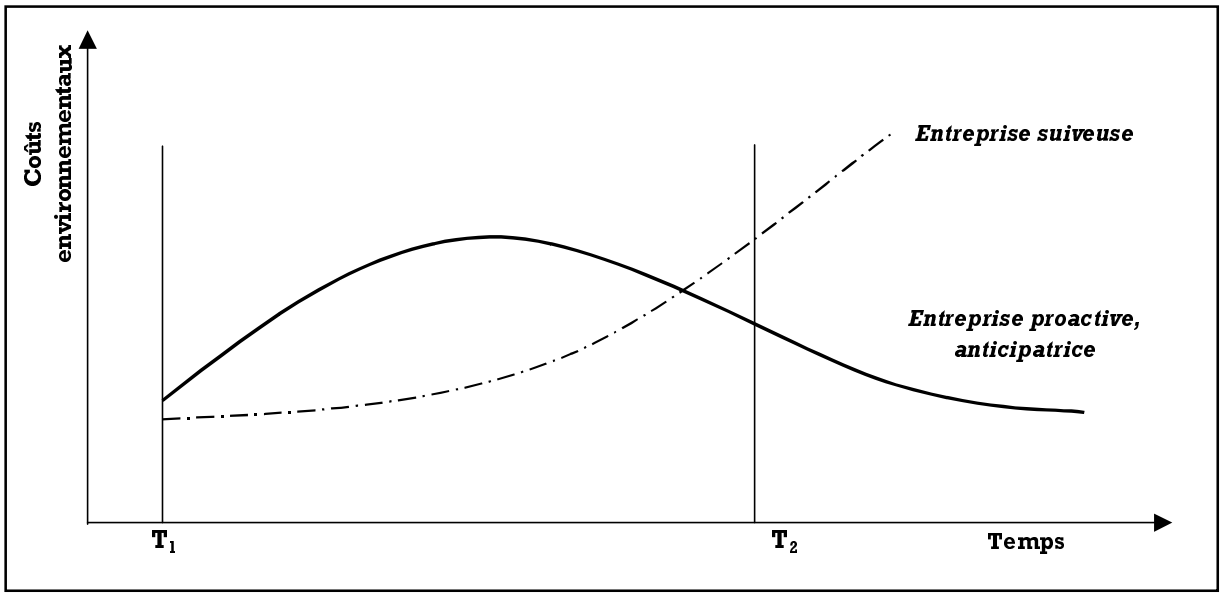


Figure 7 : Courbes des coûts environnementaux pour deux types d'entreprise : une suiveuse et une proactive [BREZET *et al.* 94].

<u>Source</u> : *Han Brezet, rapport "Product Development with the Environment as Innovation Strategy - The PROMISE Approach", 1994, p. 6.*

Comme le montre la figure 7 une entreprise suiveuse, attendant le décret d'application d'une loi contraignante pour réagir, se verra dans l'obligation d'investir dans l'urgence, donc parfois au prix fort, pour concevoir des produits en conformité avec la nouvelle réglementation et éviter de lourdes amendes.

La prise en compte de l'environnement dans la conception des produits doit être vue comme une source d'économie plutôt qu'une source de dépenses et de contraintes inutiles.

Cela nécessite néanmoins des investissements parfois conséquents pour modifier la composition ou la structure des produits, certains procédés de fabrication, ... ; ces investissements pourront être rédhibitoires pour des petites entreprises, qui plus est déconcertées par cette nécessité d'une vision à moyen ou long terme, antinomique avec leur stratégie "court terme".

3.1.1.2.3. L'amélioration de la qualité des produits

Le besoin de prendre en compte l'environnement va rejoindre celui d'améliorer la qualité des produits puisque les objectifs sont souvent communs dans le sens où l'on va essayer d'accroître la valeur d'un produit (au sens du service rendu, de la performance, de la qualité), tout en diminuant ses impacts sur l'environnement. On pourra parler de qualité environnementale d'un produit dont on aura essayer d'accroître la fonctionnalité, la fiabilité aussi bien que la durabilité et la recyclabilité.

Un des principaux objectifs de développement est bien en effet de concevoir des produits performants et de qualité, satisfaisants pour le client et respectant de surcroît l'environnement.
Une étude du Design Innovation Group de l'université anglaise The Open University, "*The Commercial Impacts of Green Product Development*" [SMITH *et al.* 96a], menée sur 16 entreprises australiennes, américaines et anglaises, corrobore ces dires puisqu'elle a révélé que parmi les facteurs compétitifs d'un produit sur un marché "vert" figuraient en premier lieu sa performance et sa qualité, ses vertus environnementales n'étant citées qu'en quatrième position sur les onze facteurs retenus.

Ordre	Caractéristique
1	Performance
2	Qualité / Fiabilité
3	Rapport Qualité/Prix
4	Qualités environnementales
5	Prix
6	Promotion marketing
7	Esthétisme
8	Utilisation
9	Ergonomie / Sécurité
10	Délai de livraison
11	Service Après-Vente

Tableau 7 : Ordre de choix des facteurs compétitifs d'un produit sur un marché vert.

Source : *Mark T. Smith, "The Commercial Impacts of Green Product Development", DIG 05, 1996, p. 32.*

Il est à noter néanmoins qu'un produit vert n'est pas ***forcément*** un produit de qualité. Un moindre impact sur l'environnement ne garantit pas en effet la qualité …

3.1.1.2.4. Le besoin d'innover

L'environnement est considéré comme une opportunité et sans aucun doute un **moteur d'innovation** dans le sens où il va nécessiter de repenser parfois autrement les produits en améliorant également leur qualité pour un coût moindre. Une entreprise peut ainsi prendre le risque d'innover pour pénétrer certains nouveaux marchés, où les gammes de produits actuelles n'auraient aucune chance d'obtenir des parts.
Nous reviendrons sur ces notions d'innovation et des prises de risque inhérentes au processus d'innovation dans le paragraphe suivant consacré aux niveaux d'éco-conception et la partie 3.

3.1.1.2.5. Le besoin de motiver le personnel

Une volonté de remotiver le personnel d'une entreprise autour d'une "cause commune" peut représenter un moteur interne de l'éco-conception puisque chacun sera d'autant plus motivé pour se mobiliser autour de cette nouvelle donne, qu'il aura l'impression de participer à son niveau à la réduction des impacts environnementaux des produits et procédés. L'éco-conception peut en effet permettre d'améliorer entre autres les conditions d'hygiène et sécurité dans l'entreprise, ce qui concerne directement les employés. Une illustration de ce propos est l'élimination de l'emploi du cadmium dans les produits, signifiant pour le personnel la disparition des risques d'empoisonnement par les métaux lourds.

3.1.1.2.6. Une bonne image de marque

L'image d'une entreprise éco-citoyenne se préoccupant de l'impact de ses produits sur l'environnement est fondamentale pour certaines branches d'activité comme l'électronique et l'informatique. Il va donc s'agir pour les entreprises de concevoir des éco-produits qui les aideront à communiquer en véhiculant une image verte de leurs activités. Un bon moyen pour l'entreprise de montrer qu'elle a conscience de ses responsabilités environnementales est de publier régulièrement des rapports environnementaux et de pouvoir communiquer, à tout client qui en émet le désir, sur les caractéristiques intrinsèques de ses produits via par exemple des fiches de qualité environnementale.
Nous reviendrons sur ce thème de la communication dans le chapitre suivant consacré aux outils d'éco-conception.

3.1.1.3. Points de vue des entreprises vis-à-vis de ces facteurs de motivation

Parmi plusieurs enquêtes auprès d'entreprises, l'une menée par Carolien G. Van Hemel dans le cadre d'une part d'un projet hollandais *The IC EcoDesign-project*[46] sur 95 petites entreprises [Van HEMEL 95] et d'autre part de ses travaux de recherche *EcoDesign empirically explored - Design for Environment in Dutch small and medium sized enterprises* [Van HEMEL 98], a rapporté que les principaux facteurs motivant l'initiation d'un projet d'éco-conception sont pour ce qui concerne les pressions externes : la pression de certains clients industriels (39% des réponses), la réglementation (36%) et dans une moindre mesure l'influence des fournisseurs (13%) ; pour ce qui concerne les motivations internes, plus nombreuses[47], ce sont : les bénéfices environnementaux - dans un souci du respect de l'environnement - (25%), la réduction des coûts (22%) et l'amélioration de l'image de marque (13%).

Une étude américaine menée par une équipe du MIT [LENOX *et al.* 96] (via un questionnaire envoyé à plus de 1000 grandes entreprises[48] dont seulement 81 répondirent), révèle que les facteurs de motivation, internes et externes confondus, les plus souvent évoqués sont la réduction des coûts (78% des cas), la pression des concurrents (76%) et la responsabilité de l'entreprise - vis-à-vis de ses produits - (74%). Sur onze facteurs considérés, et même si l'on constate que tous les résultats sont relativement proches, la responsabilité sociale ou image de marque n'intervient qu'en sixième position avec 68% des cas et la réglementation en neuvième position avec 64% des cas ...
Il semblerait d'après ces résultats que les grandes entreprises soient moins "inquiétées" par la réglementation que les petites unités et davantage préoccupées par la réduction des coûts et la concurrence.

---

[46] The IC EcoDesign Project 1995 : Programme de recherche hollandais destiné aux petites et moyennes entreprises et ayant pour objectif de leur faire comprendre les enjeux de l'éco-conception, comment cela peut se traduire en entreprise et quels résultats escompter. Sur 4500 PME concernées (critères de sélection : 200 personnes au maximum, entreprises responsables des spécifications de leurs produits, produits développés aux Pays-Bas et produits réels plutôt que services), il était prévu que 900, tous secteurs confondus, participent au projet (20%), mais fin 1995, seulement 95 entreprises furent inclues (réparties dans six branches d'activité : produits métalliques, électronique, automobiles, produits synthétiques, bois, machines). Fin 1996, furent analysés les résultats environnementaux et économiques de 75 des 95 projets [BÖTTCHER *et al.* 97].

[47] Il est à noter que cette enquête a été réalisée aux Pays-Bas, pays où la culture environnementale est très marquée et les entreprises très soucieuses de respecter l'environnement. Les stimuli internes sont donc plus nombreux que les stimuli externes. Au niveau des résultats concernant les 75 projets, près de 602 options d'amélioration furent proposées aux entreprises. Sur ces 602 options, furent cités pour 111 d'entre elles 119 pressions externes (au moins 6 différentes), et pour 343 d'entre elles 798 moteurs internes (au moins 8 différents).

[48] Les entreprises de cette enquête concernent entre autres les domaines de l'alimentation, de la chimie, des machines industrielles et des équipements informatiques. Ce sont des entreprises de grande taille puisque la moyenne du nombre d'employés se situe aux alentours de 32000 personnes (échelle variant de 1200 à 330000 personnes), et le nombre moyen d'unités de fabrication par entreprise est de 4 (échelle variant de 1 à 162 unités).

Concernant les coûts, bien souvent les entreprises n'ayant pas encore développé d'éco-produits, et les plus petites en particulier, considèrent la prise en compte de l'environnement comme une contrainte de plus et une cause inutile de dépense supplémentaire sans faire le lien avec des réductions possibles de coûts ; pourtant lors du développement de nouvelles gammes de produits, des réflexions sur la limitation des coûts de revient amènent en fait à penser "environnement" : simplification et allégement du produit, minimisation de la production de déchets en cours de fabrication, minimisation du nombre d'opérations polluantes (pour éviter les coûts de traitement), ...
Le coût ne doit pas représenter un obstacle à la mise en place de l'éco-conception dans les entreprises. Même si cette mise en place nécessite au début un investissement parfois non négligeable, les résultats encourageants de bon nombre de projets laissent à penser ce "sacrifice" n'est pas vain. Ainsi d'après l'étude sur les PME hollandaises, il s'avère que 67% des entreprises ayant intégré un projet d'éco-conception dans le cadre du programme de recherche, espèrent que leur éco-produits vont fortement accroître leurs parts de marché.

Pour résumer nous pourrions dire que les <u>facteurs essentiels de motivation</u> d'une entreprise dans une approche d'éco-conception semblent être au vu d'études de terrain, *la pression de la clientèle, de la concurrence* et *de la réglementation* en externe*, la réduction des coûts* et *l'amélioration de l'image de marque* en interne.

3.1.2. Le niveau d'éco-conception recherché ?

Nous avons vu dans le paragraphe 1 les différentes terminologies de l'éco-conception et ce qu'elles impliquent au niveau de l'entreprise.
Au niveau du produit, de même nous allons retrouver plusieurs approches d'éco-conception correspondant à des niveaux différents de remise en cause de la conception.

Des chercheurs hollandais ont ainsi montré l'existence de quatre niveaux d'approche conceptuelle [BREZET *et al.* 95], [BREZET 97] & [STEVELS 97a] représentés sur la figure 8 suivante.

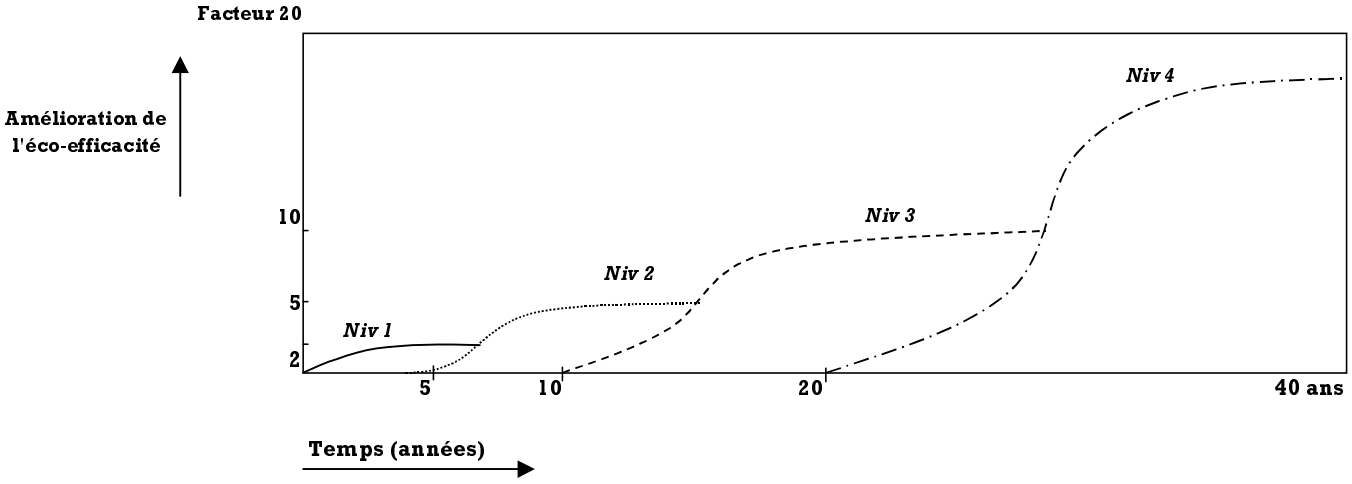


Figure 8 : Les quatre niveaux d'éco-conception.

Source : *Han Brezet, Dynamics in ecodesign practice, UNEP Industry and Environment January-June 1997, p. 22.*

On retrouve ici la notion d'éco-efficacité, évoquée précédemment, laquelle s'exprime en termes de "facteur".
Pour H. Brezet, les niveaux 1 et 2 correspondant aux améliorations et transformations de produits permettent d'accroître l'éco-efficacité ou réduction des impacts environnementaux parfois de 80% - facteur 5 - mais pour parvenir à la viabilité écologique, des innovations au niveau des fonctions et des ensembles de produits sont nécessaires : les niveaux 3 et 4. Pour le niveau 4, on peut espérer atteindre un facteur 20 qui correspond à près de 95% de réduction des impacts.
L'échelle de temps représentée sur la figure n'est qu'une indication du nombre d'années nécessaires estimé pour atteindre tel ou tel **niveau stable** d'éco-efficacité selon le degré de remise en cause du produit (*exemple : projets de reconception - niveau 2 - couramment engagés dans les 10 années à venir*).
A noter qu'il est bien évident qu'une entreprise peut développer un produit "de niveau 3" sans être "passée" par les niveaux 1 et 2 ; il peut s'agir en effet d'un projet particulier innovant alors même que les projets standard n'intègrent aucun critère environnemental (niveau 1). Comme nous pourrions le penser d'après le schéma de la figure 8, les niveaux ne sont pas nécessairement successifs. Il s'agit simplement de montrer que la préoccupation environnementale du monde industriel en matière de conception ne pourra être que lentement progressif. On espère que d'ici à 5 ans la plupart des entreprises auront pris en compte le niveau 1 d'éco-conception (il sera alors devenu pratiquement naturel), d'ici à 10 ans le niveau 2, d'ici à 20 ans le niveau 3 et dans une quarantaine d'années (voire un demi-siècle) le niveau 4.

Détaillons à présent ce que recouvre chacun des niveaux.

3.1.2.1. Le niveau 1 : Amélioration du produit

On parle d'une **amélioration** progressive et **incrémentale du produit**. Il s'agit en fait d'une actualisation du produit (appelée parfois restyling dans certaines entreprises). La contrainte environnementale est ici gérée au coup par coup, les techniques de fabrication et le produit lui-même demeurant en général identiques.
Cette approche relève du bon sens et peut aisément être menée par tout type d'entreprise. Il va s'agir dans un premier temps de rassembler un certain nombre d'informations sur le produit afin d'identifier rapidement les améliorations à envisager. Ces informations peuvent être obtenues :

- en comptabilisant dans le produit :
  - le nombre de pièces
  - le nombre de matériaux
  - le nombre de vis ou autre(s) type(s) de fixations

- en mesurant :
  - la consommation d'énergie (en phase d'utilisation)
  - le poids du produit
  - le temps de désassemblage des pièces principales
  - la présence et la quantité de substances potentiellement dangereuses

- en calculant :
  - le coût des améliorations environnementales possibles
  - les bénéfices de ces améliorations environnementales

Ce type d'approche va consister par exemple à réduire au mieux la quantité de matières premières utilisées, remplacer un système de fixation par un autre (des clips à la place de vis, par exemple), limiter tel ou tel type de fixation, supprimer un traitement de surface toxique, éliminer un type de revêtement (une peinture en particulier), ajouter un dispositif anti-pollution ou encore organiser un système de retour des produits usagés, …

L'essentiel des activités pour ce premier niveau d'éco-conception est basé sur le respect de la réglementation et les modifications de conception où réduction des coûts et éco-conception vont de pair : réduction du temps d'assemblage et de désassemblage, réduction de la masse du produit ou de son emballage, réduction de la consommation d'énergie …

3.1.2.2. Le niveau 2 : Reconception du produit

Il s'agit d'une **reconception** basée sur un concept de produit existant. Dans ce cas le projet nécessite une étude plus approfondie de l'existant et une mobilisation plus importante de l'équipe de conception. Pour H. Brezet, l'idéal dans ce genre d'approche est de se dégager dans un premier temps de toute contrainte de coût, de délai et de qualité pour faciliter l'activité de créativité.
C'est ce niveau d'éco-conception qu'ont cherché à atteindre plusieurs entreprises fabricantes de téléviseurs dans le projet allemand Green TV évoqué plus haut. L'attention fut tout particulièrement porté non seulement sur les questions d'ordre technique mais aussi d'ordre culturel par rapport à la mentalité des membres des équipes de travail, et ce afin de prévenir toutes sortes de freins à de nouvelles propositions de conception plus respectueuse de l'environnement, vaincre les préjugés et stimuler la créativité "verte".
Le projet ***Green TV*** aboutit à la conception d'une télévision d'environ 30% moins impactante que la gamme précédente, avec en particulier une réduction de 30% de la consommation d'énergie, de 32% du poids de plastiques, de 100% d'utilisation de substances toxiques et l'utilisation de 69% du poids total en matériaux recyclés, et ce pour un coût pratiquement équivalent.
Dans ce type d'approche, les techniques de fabrication peuvent évoluer pour minimiser par exemple la consommation d'énergie à plusieurs étapes du cycle de vie du produit. Au niveau du produit lui-même, des composants peuvent être changés, de même que des matériaux, l'agencement des composants, … pour notamment accroître l'emploi de matériaux non toxiques, faciliter le désassemblage, la réutilisation de certaines pièces ou le recyclage de matériaux.
Un projet de niveau 2 nécessite un temps de développement plus long que le premier niveau et doit se faire lentement étape par étape. Il implique en effet non seulement l'entreprise, qui peut avoir ses méthodes de production, d'assemblage, … à modifier ou adapter, mais aussi les fournisseurs ou sous-traitants qui peuvent à leur tour avoir à modifier leurs moules, leurs matériaux, leurs techniques de fabrication, …

3.1.2.3. Le niveau 3 : Nouveau concept de produit

C'est le premier niveau de l'innovation : on introduit un **nouveau concept de produit**. Les fonctions techniques, permettant de remplir la même fonctionnalité du produit, seront différentes. Ce niveau s'inscrit dans une réelle politique d'innovation avec une vision stratégique à long terme. L'innovation étant plutôt radicale, on parle d'**innovation de rupture**.

Les exemples relatifs à cette approche concernent par exemple le passage de lettres "papier" aux e-mail, des voitures privées aux systèmes d'utilisation de voitures mises à disposition (approche "partage des produits" précédemment classée dans les approches focalisées sur le développement durable), des moteurs thermiques aux moteurs électriques, …

Les risques encourus par une entreprise peuvent être énormes :

- Les alternatives de produit peuvent engendrer de forts investissements aux retours incertains,
- Les alternatives de produit peuvent rendre les investissements courants inutiles et obliger certains fournisseurs à modifier entièrement leurs processus, au risque de les condamner,
- Les clients peuvent être réticents à acheter le nouveau produit ou service, si les avantages environnementaux ne vont pas de pair avec d'autres critères estimés indispensables (coût, performance, qualité, …),
- Les infrastructures nécessaires n'existent pas.

Une entreprise va donc devoir adopter une stratégie de développement de produit avec une vision très large et à très long terme prenant en compte l'évolution du marché.
La division *Sound & Vision* de Philips a développé une méthode pour aider l'entreprise dans sa démarche de conception innovante : STRETCH (Selection of sTRategic EnvironmenTal CHallenges) ; les deux premières étapes de cette méthode vont permettre à l'entreprise d'identifier ce qui va motiver le marché d'ici 3 à 10 ans et d'élaborer quelques scénarios de développement de produits potentiels en fonction de stratégies de marché plausibles. De là l'entreprise pourra lister les opportunités et menaces environnementales pour chacun des scénarios et choisir l'un d'entre eux pour un produit particulier après en avoir évalué les avantages pour l'environnement, le client et l'entreprise elle-même.
Un moyen de réussir cette approche de conception est d'utiliser la technique préconisée par Ab Stevels : "le back-casting" [STEVELS 97b]. Cette technique consiste non pas à partir d'une situation actuelle mais à se projeter plusieurs années en avant pour fixer des objectifs précis à réaliser et revenir dans le présent pour définir alors ce qu'il est nécessaire de faire pour atteindre ces objectifs : se focaliser sur les points essentiels et clarifier les plans d'action pour les différents acteurs.

Du point de vue organisationnel le niveau 3 d'éco-conception nécessite une forte mobilisation de tous les partenaires de l'entreprise qui doivent être préparés à s'adapter pour contribuer au succès du projet (les fournisseurs en particulier). Il paraît

donc essentiel d'instaurer une communication permanente entre chacun et de fixer des objectifs sociétaux en accord avec tous.

3.1.2.4. Le niveau 4 : Nouveau système productif

C'est l'**innovation** même **du système de production**. On se préoccupe de concevoir de nouveaux produits et services nécessitant de profonds changements des infrastructures et des organisations.
Des exemples éloquents de ce niveau d'éco-conception sont le passage d'une production alimentaire basée sur l'agriculture à une production basée sur l'industrie ou les changements sur les modes de travail, de déplacements basés sur les nouvelles technologies de l'information (visio-conférences, par exemple).

Pour l'instant généralement, la plupart des entreprises désireuses de s'investir dans l'éco-conception dépassent rarement le niveau de remise en cause de leurs produits, soit l'**éco-reconception** (niveau 1 et au mieux niveau 2). Cette tendance rejoint totalement celle caractérisant les projets de conception classique puisque Conny Bakker rapporte qu'en 1989 sur 6325 cas de développements de produits aux Pays-Bas, seulement 3,6% purent être qualifiés d'innovants, les 96% restant relevant d'une amélioration incrémentale de produits existants [BAKKER 95].

L'étude anglaise, "*The Commercial Impacts of Green Product Development*" [SMITH *et al.* 96a], menée sur 16 entreprises australiennes, américaines et anglaises, dont 8 petites unités (moins de 100 personnes) et 8 moyennes et grandes entreprises (plus de 100 personnes) a néanmoins montré que, contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, des petites entreprises sont plus souvent à l'origine du développement de produits verts totalement innovants (niveau 3 : **éco-innovation**) - que des grandes entreprises plutôt orientées sur la reconception de produits. Ceci peut s'expliquer par le fait même que les grandes unités disposent d'un marché bien identifié et de procédures de conception très formalisées. Elles vont donc développer des produits plus respectueux de l'environnement en tentant de devancer leurs concurrents ou les suivre, sur les mêmes marchés qu'auparavant et éviter de se risquer à investir, se réorganiser pour conquérir parfois en vain de nouvelles niches commerciales. Elles vont se contenter d'appréhender l'environnement à partir de l'existant sans complètement repenser en termes de fonctions techniques.
Dans le cas des petites unités l'approche innovante relève d'un challenge, d'une opportunité de pénétrer des marchés. Ce projet financièrement risqué se révèle souvent être le premier de l'entreprise qui s'est développée précisément pour se démarquer.

Concrètement, les résultats de l'étude anglaise sont représentés sur le tableau 8 suivant [SMITH *et al.* 96a].

Stratégie d'entreprise	***Objectif***	***Nombre de réponses***	***% Total de réponses***
Proactive	Pénétrer de nouveaux marchés	**7**	**24**
	Accroître les parts de marché	**5**	**17**
	Maintenir les parts de marché	**1**	**4**
Réactive	Répondre à la demande du consommateur	**3**	**10**
	Réagir vis-à-vis de la concurrence	**1**	**4**
	Respecter la réglementation	**3**	**10**
	Répondre à la demande du détaillant	**3**	**10**
Autre		**6**	**21**
Total		**29**	**100**

*(Nombre d'entreprises : **16** ; Nombre total de réponses données : **29**, soit plusieurs par entreprise)*

Tableau 8 : Objectifs visés par une entreprise dans le cadre de projets de développement de produits verts.

Source : *Mark T. Smith,"The Commercial Impacts of Green Product Development", DIG 05, 1996, p. 29.*

Remarque : Les "autres" objectifs de développement d'éco-produits peuvent être les suivants :

- ✔ Intention délibérée de développer des produits verts, en partie sur la base de jugements d'ordre éthique de la part de la Direction,
- ✔ Volonté d'améliorer l'image de marque de l'entreprise, ainsi montrée comme éco-citoyenne,
- ✔ Projet considéré comme un avant projet, une étude de faisabilité, pour l'intégrer ensuite dans toute la gamme de produits.

Stratégie d'entreprise	**Taille d'entreprise**	
	Petite	***Moyenne & Grande***
Proactive	**10 (35 %)**	3 (10%)
Réactive	4 (14%)	**6 (21%)**
Autre	3 (10%)	3 (10%)
Total	17	12

Tableau 9 : Stratégies et tailles d'entreprises.

Source : Mark T. Smith,"The Commercial Impacts of Green Product Development", DIG 05, 1996, p. 31.

Ces résultats révèlent effectivement que les petites entreprises peuvent davantage être proactives et prendre des risques pour espérer pénétrer de nouveaux marchés, alors que les grandes seront plutôt réactives à leur marché (les clients et la concurrence) et dans une moindre mesure à la réglementation (comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent).
M. Smith qualifie l'approche d'innovation en matière d'environnement de "***bottom-up***" dans les petites entreprises puisque bien souvent les idées nouvelles sont apportées par des membres du personnel, et de "***top-down***" dans les grandes unités puisque les projets d'innovation sont davantage portés par les services de la Direction (approche très stratégique) [SMITH *et al.* 96b].
La menace des difficultés de survie de la PME sur ces nouveaux marchés en raison parfois des prix potentiellement prohibitifs de ses produits, des faibles marges commerciales, des forts niveaux d'investissement, des succès commerciaux incertains ..., limitent toutefois encore grandement le développement de ces approches innovantes et proactives [ROY *et al.* 97].

Une entreprise désireuse de s'investir dans l'éco-conception doit en premier lieu choisir précisément le niveau qu'elle souhaite atteindre en fonction de sa stratégie.
Bien entendu selon les niveaux, la quantité d'informations requises, les services ou départements impliqués, les aspects économiques, l'évaluation environnementale nécessaire de l'existant mais aussi les besoins de changement de mode de vie du consommateur et de l'infrastructure diffèrent.

Le tableau 10 suivant relate les propos d'Ab Stevels qui estime que pour les deux premiers niveaux les tâches nécessaires à la réalisation du projet sont entièrement assurables par une entreprise alors que pour les deux autres des changements d'infrastructure et de mode de vie du consommateur s'imposent en impliquant donc la Société elle-même (au sens global) [STEVELS 97a].

Niveau	Objectif	Evaluation environnementale[49] et économique	Investissement	Changement du mode de vie du consommateur	Besoin de changement d'infrastructure
1	**Amélioration progressive**	"Sens commun" Check-lists	**0**	**0**	**0**
2	**Reconception complète de concepts existants**	Poids environnemental[50] Eco-indicateur Coût du cycle de vie (LCC)	✔	✔	**0**
3	**Solutions alternatives pour une même fonctionnalité**	Analyse de cycle de vie ? Cashflow[51] généré par le cycle de vie	✔✔✔	✔✔✔	✔✔✔✔
4	**Fonctionnalité compatible avec le Développement Durable**	Analyse complète de cycle de vie ? Cashflow du cycle de vie complet	✔✔✔✔✔	✔✔✔✔✔	✔✔✔✔

Légende

✔✔✔✔✔ : très fort	✔✔✔✔ : fort	✔✔✔ : moyen
✔✔ : faible	✔ : très faible	**0** : aucun

Tableau 10 : Les différents niveaux d'éco-conception et les modifications qu'ils engendrent au niveau de l'entreprise.

Source : Ab Stevels, "Moving companies towards sustainability through eco-design : conditions for success", The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 3,Octobre 1997, p. 49.

3.1.3. Les axes stratégiques envisageables

Quand une entreprise décide d'élaborer un projet d'éco-conception dans le cadre de sa politique environnementale, elle se fixe des objectifs d'éco-développement et une ou plusieurs stratégies pour les atteindre. Nous reviendrons sur ces notions de politique et d'objectifs dans le paragraphe consacré au déroulement d'un projet d'éco-conception.

[49] Evaluation environnementale : certains outils correspondant à cette évaluation sont présentés dans la partie 2.
[50] Poids environnemental : Outil d'évaluation qualitative d'un produit, développé en interne chez Philips. L'évaluation est basée sur des critères de conception et dépend du mode de traitement en fin de vie du produit, qu'il soit plutôt désassemblé ou plutôt broyé.
[51] Cashflow : Marge brute d'autofinancement.

Mais à présent, parlons des stratégies possibles qu'une entreprise peut adopter. Nous allons en premier lieu évoquer les principes essentiels à prendre en compte.

✔ **La préservation des ressources**

Objectif ? Réduire à la source la quantité de ressources nécessaires à la fabrication d'un produit.

✔ **La prévention des rejets**

Objectif ? Réduire les pollutions et nuisances engendrées par un produit sur son cycle de vie en supprimant la cause de l'impact environnemental (problème visé dès la source).

✔ **L'optimisation du service rendu par le produit**

Objectif ? Améliorer les fonctions, les performances et la durée d'usage du produit, sans augmenter ses impacts environnementaux potentiels sur l'ensemble de son cycle de vie.

Ces principes essentiels peuvent se décliner selon un certain nombre d'axes stratégiques très divers dont le choix va dépendre des objectifs de l'entreprise à court ou long terme, du marché, du type de produits fabriqués, ...

Les objectifs d'amélioration étant différents, les stratégies adoptées pourront notamment être aussi diverses que [ALTING *et al.* 95] :

- Phase de **pré-fabrication** : Utilisation de matériaux recyclés ou recyclables, de matériaux moins énergivores, ...
- Phase de **fabrication** : Utilisation de procédés nécessitant moins de matériaux, ...
- Phase de **distribution-transport** : Diminution du volume ou du poids, utilisation de matériaux recyclés pour les emballages, ...
- Phase d'**utilisation** : Moindre consommation d'énergie, accroissement de la durée de vie, aide à la maintenance, ...
- Phase de **fin de vie** : Aide au désassemblage, préservation de la qualité des matériaux, ...

L'équipe de recherche du professeur H. Brezet de l'Université de Delft décrit plusieurs axes stratégiques de conception classés selon quatre approches : la première relative au produit lui-même avec ses matériaux (1), la seconde à la production, la distribution et l'utilisation du produit (2), la troisième à la fin de vie et la notion de durabilité (3) et la dernière enfin à un nouveau concept de développement - soit une approche plus innovante que les autres - (4) [BREZET *et al.* 97].
En liant ces axes aux trois grands principes énoncés plus tôt, on peut constituer le tableau suivant où figurent plusieurs moyens d'actions envisageables et les principes auxquels ils se réfèrent.

	Principes généraux		
Axes stratégiques de conception et moyens d'actions envisageables	**Préservation des ressources**	**Prévention des rejets**	**Optimisation du service rendu**
(1) Choix de matériaux peu impactants			
Emploi de matériaux plus propres (moins toxiques en particulier)	✓	✓	
Emploi de matériaux renouvelables	✓		
Emploi de matériaux peu énergivores	✓	✓	
Emploi de matériaux recyclables	✓		
Emploi de matériaux partiellement ou totalement recyclés	✓		
(1) Réduction du nombre de matériaux			
Réduction de la masse des produits et des emballages	✓		
Réduction du volume des produits et des emballages	✓		
(2) Optimisation des techniques de production			
Choix de techniques alternatives de production "plus efficaces"	✓	✓	
Réduction du nombre d'étapes de production		✓	
Minimisation de la consommation d'énergie (machines)	✓	✓	
Réduction de la production de déchets		✓	
Réduction de la production de consommables	✓	✓	

.../...

	Principes généraux		
Axes stratégiques de conception et moyens d'actions envisageables	**Préservation des ressources**	**Prévention des rejets**	**Optimisation du service rendu**
(2) Optimisation de la distribution			
Emploi d'emballages plus propres / réutilisables	✓	✓	
Réduction de la quantité d'emballages	✓		
Choix d'un mode de transport plus efficace en termes d'énergie	✓	✓	
Choix d'une logistique plus efficace (distances réduites, …)	✓		
(2) Réduction des impacts pendant l'utilisation			
Réduction de la consommation d'énergie	✓		
Choix d'une source d'énergie plus propre (de source renouvelable)		✓	
Réduction de la quantité de consommables nécessaires	✓		
Utilisation de consommables plus propres		✓	
Pas de déchets d'énergie ou de consommables		✓	
(3) Optimisation de la durée de vie initiale			
Choix de la durabilité et de la fiabilité du produit	✓		✓
Maintenance et réparation facilitée	✓		✓
Conception selon une structure de produit modulaire	✓		✓
Conception classique (indifférente aux effets de mode)	✓		✓
Possibilité de mettre le produit à niveau (nouvelle technologie)	✓		✓
Fort lien d'estime de l'utilisateur vis-à-vis de son produit	✓		✓
(3) Optimisation de la fin de vie			
Possibilité de réutilisation du produit ou de certains composants	✓		
Possibilité de refabrication ou de remise à neuf	✓		
Recyclabilité des matériaux	✓		
Incinération propre (pas de risques d'émanations toxiques)		✓	
(4) Nouveau concept de développement			
Dématérialisation	✓		✓
Utilisation partagée du produit			✓
Intégration de fonctions supplémentaires			✓
Optimisation fonctionnelle du produit			✓

Tableau 11 : Axes stratégiques de conception et moyens d'actions envisageables dans un projet d'éco-conception.

Source : *Han Brezet, rapport "Product Development with the Environment as Innovation Strategy - The PROMISE Approach", p. 81.*

Si à présent on observe ce que ces axes stratégiques et moyens d'action vont induire en termes de conception, on pourra suivre les règles suivantes (=recommandations) dans le cas par exemple de l'***optimisation fin de vie*** du produit :

Optimisation fin de vie du produit	Opérations à prévoir	Règles de conception
Réutilisation du produit ou de certains composants	– Désassemblage de pièces – Réparation – Maintenance	– Prévoir et simplifier la maintenance et la réparation du produit. – Utiliser des composants fiables et durables. – Prévoir une structure permettant l'accès et favorisant l'extraction des composants les plus intéressants à réutiliser, ce en pensant **démontabilité** : ▪ Réduction maximale du nombre de fixations. ▪ Uniformisation des directions de désassemblage. ▪ Uniformisation des fixations (type, dimension, outil à utiliser). ▪ Utilisation de systèmes de désassemblage rapides (clips). ▪ Visibilité et accès aux fixations facilités. ▪ Préférence aux liaisons sans élément supplémentaire comme l'emboîtement ou l'encliquetage.
Refabrication ou remise à neuf du produit	– Désassemblage de pièces à remplacer – Réparation – Maintenance	– Prévoir et simplifier la maintenance et la réparation du produit. – Prévoir une structure permettant l'accès aux composants usagés à remplacer pour la remise à neuf, ce en pensant **démontabilité** (*idem précédemment*).
Recyclage des matériaux	– Désassemblage – Broyage – Tri	– Minimiser la diversité des matériaux et préférer des pièces monomatériaux. – Choisir des matériaux recyclables. – Marquer les composants (plastiques en particulier). – Prévoir une extraction aisée et rapide de composants monomatériaux. – Penser à la compatibilité des matériaux pour des pièces multimatériaux avec liaisons irréversibles.
Incinération propre	– Pré-traitement (éventuel) – Broyage – Incinération	– Supprimer ou permettre l'extraction aisée de matériaux toxiques en cas d'émanation lors de l'incinération (problèmes avec des additifs de plastiques notamment).

Tableau 12 : Règles de conception et opérations à prévoir pour optimiser la fin de vie d'un produit.

G. Keoleian estime que plusieurs stratégies seront la plupart du temps retenues puisqu'une seule ne peut satisfaire toutes les exigences liées aux objectifs à atteindre [KEOLEIAN *et al.* 94].

D'après le programme de recherche hollandais *The IC EcoDesign-project* concernant 95 PME, évoqué plus haut [Van HEMEL 95], il semble que les quatre stratégies d'éco-conception les plus facilement retenues soient : le recyclage des matériaux, la réduction de la masse et du nombre de composants, les matériaux à moindre impact (moins toxiques en particulier) et les produits de grande fiabilité.

Pour l'étude américaine du MIT, les résultats révèlent que les critères environnementaux considérés comme les plus pertinents à prendre en compte sont l'emploi de matériaux toxiques dans les produits (73% des réponses), la pollution engendrée par la phase de fabrication (70%), l'aptitude à la recyclabilité et à la réutilisation (56%).

Enfin, une autre étude menée par le Centre for Sustainable Design (Royaume-Uni), auprès d'entreprises de l'électronique, a montré que la stratégie axée sur la conception pour désassembler était la plus envisagée [CHARTER 96], résultat approuvé par les travaux de l'équipe allemande du professeur Bullinger sur le Design for Recycling [BULLINGER *et al.* 94].

Le choix de tel ou tel axe et de tel ou tel moyen d'action va dépendre en fait du domaine d'activité de l'entreprise, de ses marchés (grand public ou industriel notamment), de sa politique de développement, de ses partenaires ...
Aussi les objectifs ne peuvent être les mêmes pour chacun des produits car le réseau de fin de vie (collecte, tri), les filières de valorisation diffèrent, de même que le montant des investissements à réaliser sur les matériaux, les prix du second marché (pour les matériaux recyclés), ... Certains produits aussi peuvent être conçus pour être aisément désassemblables (ordinateurs) alors que certains ne le doivent pas pour des raisons de sécurité (produits industriels comme les disjoncteurs électriques).

Compromis et **contraintes** diverses vont finalement conduire l'équipe de conception vers le choix d'objectifs totalement divergents selon les cas de figures.

3.2. Dimension organisationnelle : comment s'organiser en interne et en externe ?

L'organisation dans l'entreprise ne va pas de soi et l'on ne peut véritablement parler d'une structure organisationnelle "type" autour de l'éco-conception. Selon le secteur d'activité et la taille de l'entreprise, les acteurs et leurs responsabilités respectives peuvent varier.
Quoi qu'il en soit, des études de la littérature ainsi que notre enquête nous ont permis d'identifier les principaux acteurs concernés et les rôles qu'ils peuvent ou pourraient tenir par rapport à la problématique environnementale. Nous avons également pu dégager quelques modes de fonctionnement internes et externes d'entreprises pionnières en matière de conception pour l'environnement.
Ces acteurs, leurs rôles et les modes d'organisations ne sont en rien des modèles incontournables pour réussir des projets d'éco-conception. Nous les avons simplement mobilisés pour montrer les enrôlements de chacun et la manière dont les entreprises peuvent se saisir de l'approche environnement-produit. Nous verrons dans la partie consacrée à notre approche de terrain, la vision des acteurs et le mode d'organisation dans une petite unité française d'un grand groupe industriel hollandais ...

3.2.1. Les acteurs en puissance

Parmi les acteurs concernés par le développement d'éco-produits, nous allons trouver les acteurs internes à l'entreprise, à commencer par ceux de l'équipe de conception ou équipe projet, dont les principaux sont les "concepteurs" du bureau d'étude, les marketeurs et les acheteurs ; autour d'eux gravitent le personnel des services méthodes, production et logistique qui interagissent avec l'équipe ou en font partie quelquefois en cours de projet, sans compter les membres des services qualité et environnement et ceux de la Direction (pour les prises de décisions).
Les partenaires externes sont très nombreux ; chacun va jouer un rôle précis dans le projet en fonction de ses exigences ou des contraintes imposées comme celles des clients, de la réglementation (le gouvernement), des compagnies d'assurance, des actionnaires ou des concurrents, ou encore en fonction de "contrats" passés avec les fournisseurs, les distributeurs, les collecteurs-recycleurs, ...

La figure 9 suivante représente l'ensemble des principaux acteurs gravitant à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise.

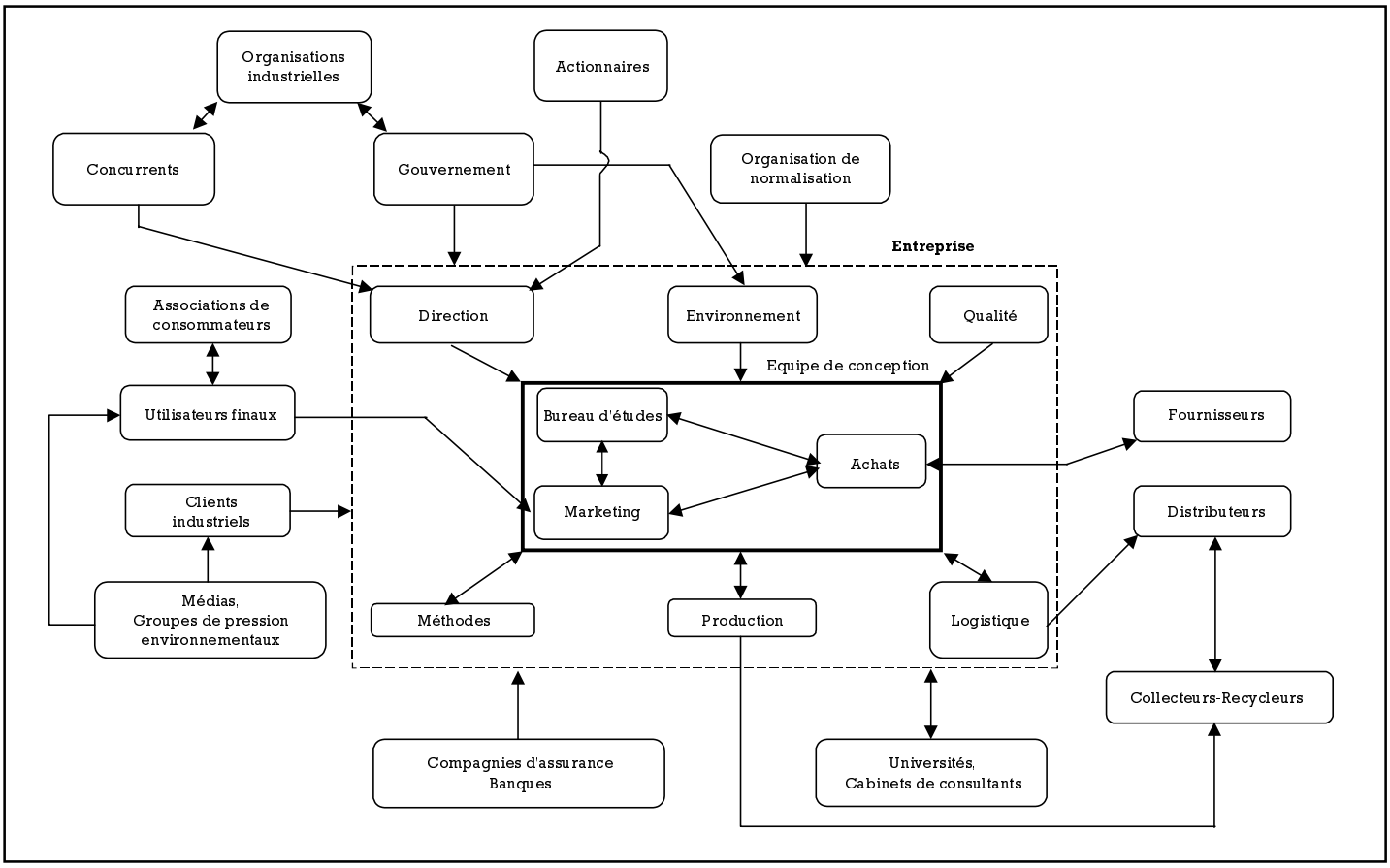


Figure 9 : Les principaux acteurs internes et externes concernés par l'éco-conception.

Légende :	→	Relation de prescription : "Agit sur", impose des contraintes, exprime des exigences
	↔	Relation plus interactive (interaction entre deux acteurs)

Sources : Siegfried Behrendt, "Life Cycle Design - A Manual for Small and Medium-Sized Enterprises", 1997, p. 44.
Han Brezet & Carolein van Hemel, "Ecodesign - A promising approach to sustainable production and consumption", PNUE, 1997, p. 56.

Notre enquête de terrain auprès de 10 entreprises de la FIEEC nous a conduit à identifier les acteurs motivant la prise en compte de l'environnement dans l'activité de conception. Parmi les acteurs suivants cités dans le questionnaire :

- L'opinion publique
- Les collectivités territoriales
- Le gouvernement, via la réglementation

- Le Groupe[52]
- La Direction
- Le personnel
- Les clients
- Les banques
- Les compagnies d'assurance,

il s'avère que les principaux "acteurs-moteurs" sont le Groupe (80% des réponses le situent comme poids fort), la réglementation (80%), la Direction (60%), les clients et les collectivités territoriales (50%). Actionnaires, banques et compagnies d'assurance ne sont pour leur part absolument pas perçus comme des acteurs préoccupés par ce paramètre. Nous noterons bien entendu qu'il s'agit d'entreprises fabricant des produits électriques et électroniques. Il n'en serait certainement pas de même pour des entreprises du secteur chimique ou nucléaire pouvant subir de fortes pressions de la part des compagnies d'assurance puisque les risques d'accidents écologiques et sanitaires sont plus nombreux et leurs conséquences plus graves.

Détaillons à présent succinctement les rôles que peuvent tenir les principaux acteurs d'un projet d'éco-conception, et en particulier ceux de l'équipe de conception. La plupart de ces propos sont issus de travaux de l'équipe du professeur H. Brezet de l'Université de Delft [BAKKER 95] & [BREZET *et al.* 97]. A noter que l'essentiel de ces travaux est basé sur des enquêtes de terrain auprès d'entreprises hollandaises plus soucieuses que les entreprises françaises du rôle qu'elles ont à jouer dans la progression vers le développement durable. Nous verrons précisément, dans la partie 3, la distribution des rôles dans une unité française.

3.2.1.1. Rôle de la Direction

On parle d'un rôle stratégique puisqu'il va consister à définir l'intégration de l'environnement dans les activités de l'unité et déterminer les actions environnementales à entreprendre, et ce dans le cadre d'une politique de site ou de groupe. L'établissement d'une stratégie à suivre est consécutif à la définition d'objectifs environnementaux précis de développement, de même que la détermination du budget alloué au projet et le choix de plusieurs dates jalons.
La direction sera aidée dans sa tâche par le service Environnement de l'entreprise et plus particulièrement un expert en éco-conception, s'il existe en interne.

[52] Les 10 entreprises enquêtées (Juillet - Octobre 1997) font effectivement partie de Groupes.

Remarque : Selon la taille et les ressources de l'entreprise, le rôle de superviseur des actions environnementales dans la conception sera dévolu à la Direction ou au service environnement (via l'expert).

3.2.1.2. Rôle de l'expert en Eco-conception

Cet expert, s'il en est, peut être entre autres externe au site, c'est-à-dire rattaché au service environnement du groupe, partie intégrante du service environnement du site (le responsable du service même) ou parfois intégré dans le bureau d'études. Nous reviendrons plus en détail sur cet acteur dans le paragraphe suivant.
Son rôle, tantôt stratégique, tantôt opérationnel, sera un rôle de conseiller auprès de tous les services de l'entreprise, y compris la Direction, et d'auditeur pour l'équipe de conception dans le cadre d'un projet : il participe aux revues de conception à chaque fin d'étape du processus et vérifie que les solutions retenues sont bien axées sur le respect de l'environnement.
Parmi ses nombreuses tâches, il va devoir d'une part collecter les informations nécessaires à l'équipe notamment en termes réglementaires et écologiques. Il aura en particulier un rôle de prospection de la réglementation nationale et internationale. D'autre part lui incombe le rôle de fournir et mettre en situation un panel d'outils nécessaires pour éco-concevoir.

3.2.1.3. Rôle du concepteur

Le concepteur dispose d'un double rôle opérationnel et stratégique dans le processus de développement de produit : selon s'il participe ou non à la phase de planification du projet, il pourra avoir en tant qu'expert de conception une influence sur la caractérisation des idées d'un futur produit en statuant par exemple sur la faisabilité éventuelle de tel ou tel axe de développement - *un rôle stratégique* -, ou devra seulement respecter les prescriptions de spécifications du produit fixées par le marketeur dans le cahier des charges fonctionnel - *un rôle opérationnel* – (propos issu des résultats d'une étude sur le rôle et la place des concepteurs industriels dans l'industrie hollandaise [BAKKER 95]).
S'il est vrai qu'en théorie l'expertise d'un concepteur n'est limitée qu'aux strictes phases de conception, on peut se rendre compte sur le terrain que son rôle s'affirme peu à peu en termes stratégiques. Une étude américaine de l'Office of Technology Assessment [OTA 92] a ainsi montré que l'apport des méthodes d'ingénierie concourante, de travail en équipe, ont peu à peu modifié le rôle des concepteurs amenés à coordonner des équipes. Si l'on ajoute encore la donnée environnementale à intégrer le plus en amont possible du projet, ce rôle stratégique ne peut que s'affirmer encore davantage.

Le chef de projet

Il fait en principe partie du bureau d'étude. Il coordonne et assure la communication entre chacun des membres de l'équipe, contrôle le bon déroulement du projet et communique régulièrement sur l'avancée des travaux à la Direction. L'intégration de l'environnement dès la conception signifie pour lui un rôle supplémentaire de "manager" de cette nouvelle donnée : a-t-on besoin d'experts externes en éco-conception ou peut-on former en interne ? quelles sont les informations nécessaires ? quels principes d'éco-conception l'équipe va-t-elle adopter ? de quels outils ont besoin les concepteurs ? ... Autant de questions auxquelles le chef de projet va devoir répondre aidé de l'ingénieur désigné expert en éco-conception.
Au cours de l'avancée du projet, le chef sera amené à déterminer si les objectifs d'éco-développement ont des chances d'être remplis et ce à chaque revue de conception. Concernant les résultats, il devra veiller à ce qu'ils soient convenablement documentés selon un format défini en conformation avec le système qualité de l'entreprise.

Le concepteur

On peut désigner par ce terme générique un concepteur, lequel génère de nouvelles solutions de développement aidé dans cette tâche par l'acheteur ou un dessinateur. Ce dernier crée à l'aide de logiciels de CAO des plans du futur produit à partir des spécifications du cahier des charges et des directives du concepteur ayant imaginé les solutions alternatives.
Des réunions régulières avec l'expert en éco-conception sont nécessaires pour le choix des solutions.

3.2.1.4. Rôle du marketeur

Son rôle stratégique va être majeur dans l'identification, via des études de marché, de la demande potentielle de produits verts par les clients. Si cette demande s'avère pressante, le marketeur aura en charge de la caractériser et de fixer un certain nombre d'exigences à satisfaire dans le cahier des charges fonctionnel.
Si elle est plus latente, sa tâche sera davantage prospective dans le sens où il devra être à l'affût du moindre signe d'évolution au niveau des marchés et jouer le rôle d'informateur auprès de la Direction, en particulier.

3.2.1.5. Rôle de l'acheteur

L'acheteur doit posséder une grande connaissance des technologies disponibles chez les fournisseurs et notamment celles relatives à la prise en compte de l'environnement dans les matériaux, dans les procédés de fabrication, … . Son rôle est primordial et multiple puisqu'il va pour lui s'agir de communiquer aux fournisseurs les exigences environnementales de l'entreprise, de les choisir en prenant en compte leurs actions en matière d'environnement et de réaliser une veille sur les nouvelles technologies "plus écologiques" mises en place par d'autres éventuels fournisseurs. Nous reviendrons sur les fournisseurs et l'environnement dans le paragraphe consacré au mode d'organisation avec les partenaires externes.

3.2.2. Modes de structuration interne

3.2.2.1. Quelles structures envisager ?

L'organisation autour de la prise en compte de l'environnement dans l'entreprise et des responsabilités de chacun est variable d'une entreprise à l'autre puisque d'après le tableau 13 suivant, plusieurs cas de figures peuvent se présenter [BULLINGER *et al.* 94].

Qui ?	*Fréquence des cas*	*Responsabilités*
Direction	18%	▪ Responsabilité établie au niveau de la direction, dont l'un des membres au moins est chargé des questions d'environnement.
Service ou département Environnement	35%	▪ Un département à lui seul est désigné responsable des affaires d'environnement ; des "sous-départements" possibles peuvent être créés par branche d'activités ou unité de production (en particulier dans les grands groupes). ▪ Un ou deux responsables (directeurs) sont en charge des questions d'environnement et agissent en qualité de coordinateurs (principalement dans les petites et moyennes entreprises).
Equipe environnementale	35%	▪ Commission ("Eco-équipe", comité ou conseil) responsable des questions d'environnement. Cette commission regroupe des représentants des départements et branches d'activités liés aux questions d'environnement.
"Stewardship" ou Accompagnement	18%	▪ Equipes produits chargées d'accompagner un produit ou une ligne de produits depuis le développement jusqu'au recyclage et l'élimination en fin de vie. Ces équipes sont constituées des membres de tous les départements et branches d'activités concernés ou seulement de ceux du département conception.
Chargé d'environnement	74%	▪ Une personne en charge de la surveillance du respect de l'environnement (contrôles divers des déchets industriels, de la pollution atmosphérique, des rejets dans l'eau, ...). Cette personne ayant une fonction plutôt technique est aussi très souvent chargée des questions de sécurité du travail et/ou des matériaux dangereux.

Tableau 13 : Différents types d'organisation environnementale et leurs fréquences dans les entreprises.

<u>Note</u> : Plusieurs formes d'organisation à la fois sont possibles dans une entreprise.

<u>Source</u> : Hans-Jörg Bullinger," Methods and Tools to Support Design for Recycling", publication au congrès CIRP, RECY'94, Erlangen (Allemagne), 1994.

En ce qui concerne la prise en compte de l'environnement dans les produits, plusieurs études révèlent l'existence d'une constante parmi les nombreuses organisations des entreprises "pionnières" : l'existence d'un expert Environnement spécialisé produit, seul ou en équipe.

Plusieurs niveaux d'experts (groupe, division par activité , unité, ...) sont en fait envisageables dans les entreprises. Selon le cas on trouvera des experts rattachés au

Groupe auquel appartient l'entreprise, d'un service spécifique "Product Stewardship[53]", des experts par divisions, et/ou d'autres intégrés dans le service Environnement - voire responsables Environnement - des unités , dans le service Qualité, dans le Bureau d'étude.

On peut en fait trouver deux niveaux d'experts d'après les entreprises enquêtées de la FIEEC.
La plupart des grandes entreprises disposent de Responsables ***Product Stewardship*** spécialisés au niveau mondial par secteur d'activité. Ils interviennent sur tout ce qui concerne les produits : la qualité, les performances, les coûts ... et l'environnement. ***Leur rôle est stratégique*** ; les unités de travail opérationnelles (ou Business Units) ont la responsabilité d'intégrer leurs prescriptions dans les plans d'activité.

On va parfois aussi rencontrer des Responsables ***Environnement-Produit***. Ils sont spécialisés par unité de travail. ***Leur rôle est opérationnel*** dans des laboratoires de développement : ils fixent les règles à appliquer par les concepteurs en matière d'éco-conception et font office d'experts. Ils fournissent leur savoir-faire à l'organisation et stimulent en particulier la coopération environnementale du personnel concerné, l'échange des connaissances et d'informations et capitalisent les résultats des expériences précédentes. Ils peuvent dépendre des Responsables ***Environnement (EHS[54])***, spécialisés par division de produit et responsables de la politique d'ensemble sur toutes les dimensions environnementales (rôle ***stratégique***).

Le tableau 14 suivant dresse un panorama de l'organisation interne de quelques entreprises de la FIEEC en matière d'éco-conception [EHRENFELD *et al.* 97] & [ADL 97].

[53] "Product Stewarship" : Service Accompagnement-Produit.
[54] Responsable EHS : Responsable Environnement, Hygiène et Sécurité (Environment, Health & Safety).

Entreprise	**Organisation générale interne en matière d'éco-conception**		
	Existence d'une structure spécifique ?	**Rôle de coordination** ***(stratégique)***	**Dans les équipes de conception ...** ***(opérationnel)***
IBM	Centre de compétence **ECECP** : *Engineering Center for Environmental Conscious Products.* (Ingénieurs pro-matériaux et pro-procédés) ☛ Il fixe les objectifs du groupe en matière de pratique d'éco-conception (Guidelines de DfE) fournis aux équipes de conception. ☛ Il joue le rôle d'assistance des équipes. ☛ Il communique avec les centres de valorisation de la production (Manufacturing Recovery Stations)	Coordinateurs Environnement - Produit	**Experts internes** *pour aider à intégrer l'environnement dans l'**IPD** (IBM Product Development)*
PHILIPS	**CEEO** : *Corporate Environmental & Energy Office.* Rattaché directement à la Direction du Groupe, ☛ Il informe les divisions sur les réglementations environnementales nationales et internationales. ☛ Il fournit les normes internes Philips en matière d'éco-conception. ☛ Il publie les manuels d'éco-conception incluant directives et recommandations de conception. ☛ Il donne les règles pour évaluer les impacts environnementaux des produits. **PCD** (*Philips Corporate Design*) **Technology Information Office**. ☛ Il informe les concepteurs en matière de guidelines d'éco-conception. ☛ Il recherche de nouvelles méthodes d'éco-conception. **CFT** : Centre for Manufacturing Technology, groupe EcoDesign. ☛ Il aide les divisions et sites à analyser produits et composants (travail sur le logiciel Ecoscan et sa base de données). **CCP** : Competence Centre Plastics. ☛ Il effectue des recherches R&D en matière de recyclage.	Coordinateur Environnement *(un par Product Division ou Business Group)*	**Chef de produit** ou **Concepteur senior** *pour aider à intégrer l'environnement dans la **PCP** (Product Creation Process)*

Entreprise	**Organisation générale interne en matière d'éco-conception**		
	Existence d'une structure spécifique ?	**Rôle de coordination** ***(stratégique)***	**Dans les équipes de conception ...** ***(opérationnel)***
XEROX	**Environmental Design and Resource Conservation Team** : équipe de membres du service EHS du Groupe. ☛ Elle établit les directions à suivre et motive les équipes de conception. ☛ Elle fournit outils et procédures adéquats. **Asset Recycling Management Organization.**	Responsable EHS	**Représentant de l'A.R.M.O.** *intégré dans chaque équipe-produit pour prendre en compte les aspects fin de vie*
DIGITAL	Pas de structure spécifique. **Service Environnement EHS** dont dépend le **Product Stewardship** ou ***Responsable Accompagnement Produit***.	Product Stewardship *(un par branche d'activité)*	Experts **Integration Managers** *(un par branche d'activité)*
THOMSON Multimédia	Pas de structure spécifique. Note : **Le Product Environment Manager** est rattaché au service R&D ; il est en charge de la stratégie Environnement et définit les règles à appliquer.	Product Environment Manager *(un par Business Unit)*	Aide du Product Environment Manager

Tableau 14 : Quelques modes d'organisation interne d'entreprises de la FIEEC en matière d'éco-conception.

Sources : Pour Philips : PCD Green Pages de l'entreprise, 1995.
Cabinet Arthur D. Little, "Design for environment Measures and Tools - Current Trends", Discussion Guide for Digital Equipement Corporation, 1997.
John Ehrenfeld & Michael J. Lenox, "The Development and implementation of DfE programmes", The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 1, 1997, pp. 17-27.
Enquête de Marc Janin réalisée auprès d'entreprises de la FIEEC, 1997.

Les travaux de l'équipe de recherche du professeur J. Ehrenfeld du M.I.T. (USA) [EHRENFELD *et al.* 97], les a conduit à élaborer un modèle de structure organisationnelle de l'entreprise pour éco-concevoir ; c'est un modèle adopté par les entreprises étudiées par l'équipe : IBM, Xerox, AT&T et Digital. Il s'agit d'une structure dite "en sablier" où l'expert désigné joue le rôle d'intermédiaire entre ***l'approche stratégique*** et ***l'approche opérationnelle***. Cette structure relève essentiellement des organisations avec des experts par division et/ou unité.

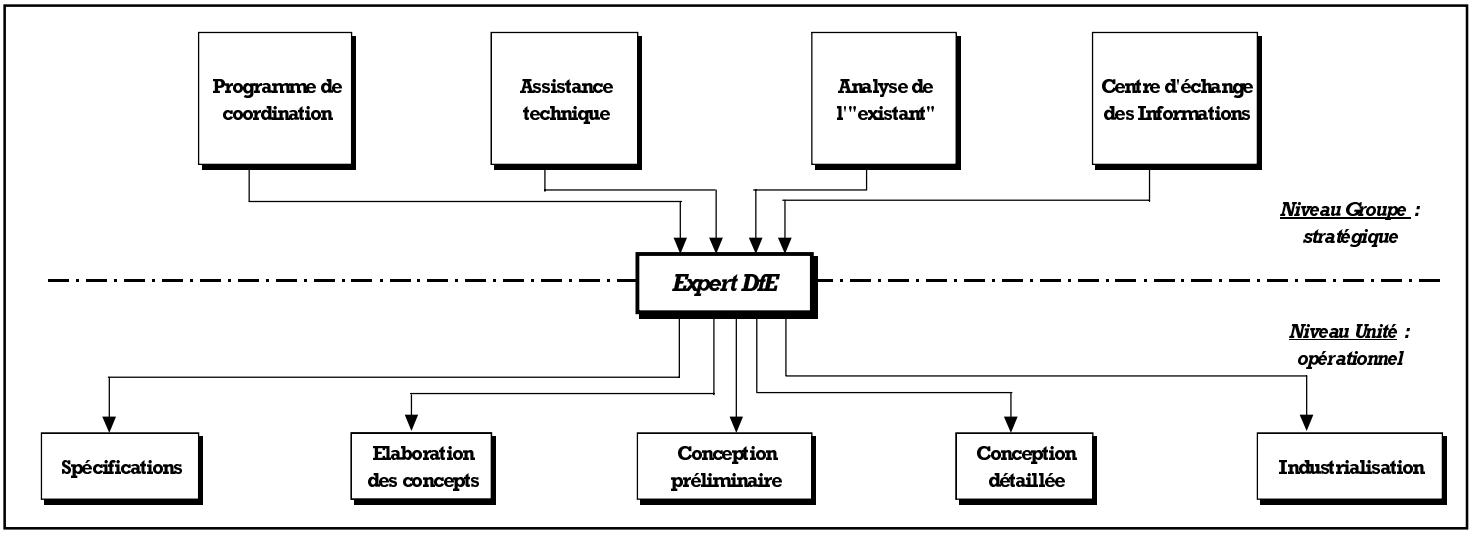


Figure 10 : Un modèle de structure organisationnelle dans un projet d'éco-conception.

Source : *John Ehrenfeld & Michael J. Lenox, "The Development and implementation of DfE programmes", The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 1, Avril 1997, p. 20.*

Cet expert est désigné comme « *DfE Champion* » par les anglo-saxons, celui qui possède la connaissance en matière d'éco-conception. Il va faire office d'intermédiaire entre :

- le niveau **corporate** (la Direction ou le Groupe) qui définit la stratégie d'entreprise et le programme d'action. A ce niveau, l'expert a charge de :

  - coordonner les actions environnementales des différents services,
  - réaliser ou participer à l'analyse de l'existant en matière d'environnement (étude des impacts environnementaux de produits actuels),
  - participer à l'étude marketing ayant pour objet d'identifier les "éco-besoins" des clients et les marchés potentiels,
  - rechercher l'assistance technique nécessaire au projet,
  - assurer le flux d'informations pertinentes et suffisantes à l'équipe de conception pour mener à bien son projet.

- et le niveau **business** (l'unité de travail) où va s'opérer l'élaboration du produit. A ce niveau l'expert a charge de :

  - participer à la définition des spécifications précises du produit en rapport avec l'environnement, et ce par rapport aux objectifs à atteindre ,

- soutenir l'équipe de conception dans les différentes phases du processus de conception : élaboration des concepts de produit, conception préliminaire et conception détaillée,
- vérifier à chaque revue de conception que les objectifs fixés vont pouvoir être atteints.

3.2.2.2. Quid du mode organisationnel dans les équipes projet ?

D'après les quelques cas présentés dans le tableau 15, on peut se rendre compte que la contrainte environnementale introduite dans les équipes de conception peut provenir aussi bien d'experts appartenant à des entités spécialisées (extérieur) que de concepteurs "seniors" formés à l'environnement (intérieur).
On peut parfois s'interroger sur l'efficacité d'une structure spécialement dédiée aux questions d'environnement-produit en imaginant qu'elle puisse travailler en parfaite autonomie et détachée des équipes de conception. Ainsi toutes les analyses environnementales des produits, l'identification de problèmes et peut-être même le choix de solutions - transmises telles quelles aux concepteurs pour intégration dans le projet - pourrait relever de sa seule compétence. Un tel cas de figure risquerait d'aboutir à un désintérêt total des concepteurs vis-à-vis des questions d'environnement puisque « quelqu'un s'en occupe et il est spécialiste ! ». Mais cette situation n'est pas envisageable puisque la possibilité même que des solutions livrées "clé en main" soient aisément diffusées, comprises et acceptées par les équipes projet sans qu'il y ait eu sensibilisation et concertation préalable est difficile à concevoir. **Tout est affaire d'organisation, de concertation, de compromis, dans une dynamique d'apprentissage collectif progressif.** *Nous y reviendrons dans le chapitre sur l'expérience de terrain.*

De ce fait la sensibilisation voire la formation de tous les concepteurs et autres acteurs de l'équipe projet est indispensable et le mode d'organisation dans lequel un concepteur senior est désigné expert pourrait bien être envisagé : il possède la connaissance de son métier et est à même de composer avec tous les paramètres à prendre en compte y compris l'environnement. Cela dit la présence d'un expert spécialiste dépendant d'une structure externe à l'équipe projet et impliqué ponctuellement ou intégré totalement dans la démarche de développement demeure à notre sens incontournable : il doit jouer le rôle de conseiller, aider à élaborer les compromis satisfaisants et se porter garant de la prise en compte effective de l'environnement ; on pourrait effectivement imaginer que le concepteur senior "expert" puisse parfois privilégier des solutions non environnementales pour des raisons purement techniques ou économiques sans chercher de voies intermédiaires.

Dans le cadre du projet DEEDS, évoqué plus haut dans le paragraphe "une préoccupation environnementale d'ordre international", les deux équipes de recherche anglaises[55] se sont également intéressées à ce problème d'organisation interne en réfléchissant sur l'entité à désigner responsable des actions en matière d'éco-conception et en particulier des analyses environnementales des produits (une étape du processus d'éco-conception que nous décrirons dans le paragraphe 4 de cette partie). Pour chacune des entités, des avantages mais aussi des inconvénients sont forcément inévitables.

Responsable des analyses	Avantages	Inconvénients
Direction de l'Environnement	▪ Bonne connaissance de la politique environnementale de l'entreprise. ▪ Possibilités de devenir spécialistes de la méthode.	▪ Une certaine distance avec la conception, les utilisateurs et les marchés pouvant dévaloriser les résultats. ▪ Communication des résultats médiocre avec les chefs de produits (marketeurs) et le bureau d'étude.
Service environnement **(plus opérationnel)**	▪ Bonne connaissance de l'approche cycle de vie. ▪ Possibilités de prendre en compte les objectifs d'un Système de Management de l'Environnement.	▪ Une certaine distance avec la conception pouvant engendrer des difficultés d'accepter les résultats.
Bureau d'étude **(conception & développement)**	▪ Connaissances du produit facilitant l'analyse. ▪ Plus grande facilité d'accepter ses propres résultats d'étude (en vue d'amélioration).	▪ Vision trop focalisée sur la conception pouvant occulter l'approche cycle de vie complet dans l'analyse. ▪ Difficultés de prendre en compte la contribution de la direction à l'analyse.
Consultant (externe)	▪ Excellente connaissance de l'approche cycle de vie. ▪ Expert en matière de techniques d'analyse.	▪ Cher. ▪ Mauvaise connaissance possible du produit à analyser.

Tableau 15 : Organisation interne : Responsabilité des analyses environnementales des produits ?

Source : *Matthew Simon et al., "Ecodesign Navigator", Manchester Metropolitan University & Cranfield University, 1998, p. 22.*

[55] Manchester Metropolitan University & Cranfield University.

On peut ainsi se rendre compte que chaque type d'organisation présente des limites. Il n'en demeure pas moins qu'une étude environnementale menée en collaboration entre le bureau d'étude et un membre du service environnement (pourquoi pas un expert en éco-conception) pourrait permettre de combler les lacunes de chacun et motiver davantage les équipes.

3.2.3. Mode d'organisation avec les partenaires externes : vers une recomposition des relations industrielles

Toutes les personnes impliquées dans la chaîne du produit sont de plus en plus sensibilisées à l'environnement : depuis l'amont avec les fournisseurs - les anglophones parlent de "Supply chain management" [CLARK 97] - jusqu'à l'aval avec les collecteurs-recycleurs ou valorisateurs.
Dans de nombreuses situations, une confrontation doublée d'une concertation par filière "produit" s'impose pour résoudre les problèmes environnementaux posés : ainsi chaque acteur mobilisé n'a pas toutes les informations et les connaissances pour faire les meilleurs choix. Nous reviendrons sur ces notions de transfert d'information et d'apprentissage dans le paragraphe 3.3.
Nos propos dans les deux paragraphes suivants se concentrent sur les partenaires considérés principaux de l'entreprise : les fournisseurs et à terme les valorisateurs, en particulier, si la directive sur les PEEFV instaure la responsabilité des fabricants de ces secteurs vis-à-vis de leurs produits en fin de vie[56].

3.2.3.1. En amont de la chaîne du produit : Les fournisseurs

Ils sont de plus en plus souvent sollicités par les entreprises par rapport à leurs actions en matière d'environnement. On leur impose ainsi d'adopter un comportement respectueux de l'environnement, et particulièrement les entreprises des secteurs électronique et informatique. Les rapports fournisseurs/donneurs d'ordre ne relèvent cependant pas exclusivement de la prescription mais également de l'apprentissage.
Les fournisseurs de Digital sont ainsi invités à consulter un manuel "*Design for the Environment*" réalisé pour les aider à comprendre les enjeux de l'intégration de l'environnement dès la conception. Digital leur communique ses normes environnementales, ses listes de matériaux interdits, ses spécifications de développement. Les fournisseurs doivent donner des informations précises sur leurs

[56] Produits en fin de vie : A charge pour les entreprises d'assurer la collecte et le traitement des produits usagés.

produits ou matériaux (toxicité et respect de la réglementation) - *informations notamment fournies dans un rapport remis à la livraison des composants* - et se soumettre à des audits réalisés par Digital.
Dans le cas de HP les critères environnementaux requis auprès des fournisseurs sont répartis en deux catégories :

- les ***MUST*** : Critères incontournables et exigés (*Exemple* : Interdiction d'utiliser des CFC ou des retardateurs de flamme bromés).
- les ***WISH*** : Critères demandés mais non obligatoires (*Exemple* : Ceux nécessaires pour obtenir un écolabel).

La prise en compte de l'environnement dans la conception modifie donc les rapports donneurs d'ordre/fournisseurs puisque :

- d'une part les critères de choix de nouveaux fournisseurs sont peu à peu étendus à l'environnement et ne pas prendre en compte cette nouvelle dimension deviendra à terme rédhibitoire. Ceci sous-entend des exigences de plus en plus fortes, en particulier la certification ISO 14001 des fournisseurs permettant d'attester une bonne gestion environnementale de leurs sites de production et une fabrication propre des composants fournis. Quelques entreprises sélectionnent déjà sévèrement leurs fournisseurs par rapport à l'environnement comme British Telecom (Royaume-Uni) qui exige d'eux qu'ils respectent une norme GS 13[57] relative aux informations environnementales à fournir pour chaque composant. Il en est de même chez Texas Instruments liée avec ses fournisseurs par des contrats avec exigences en matière d'environnement et des procédures de qualification environnementale.
  Cette obligation de certification n'est certes pas très répandue pour l'instant, certaines entreprises se refusant encore de pénaliser d'excellents fournisseurs en termes de qualité, de prix ou de délais[58], sous prétexte qu'ils ne se préoccupent pas d'environnement. Mais comme dans le cas de la certification qualité, ne pas "être ISO 14001" pourrait bien devenir à terme rédhibitoire.

- D'autre part, s'instaure progressivement un cercle vertueux d'apprentissage de la conception environnementale liant ces acteurs ; ils sont ainsi invités à participer à des journées "fournisseurs" où le donneur d'ordre les sensibilise à l'environnement (cas de Philips) et à s'investir davantage dans les projets comme co-partenaires pour échanger les connaissances et se joindre aux réflexions sur de nouvelles solutions de conception environnementale.

[57] Norme interne de British Telecom (BT), GS 13 : "***Environmental Impact Standard***".

[58] Nous verrons ce cas avec l'unité de Philips Eclairage, Lamotte-Beuvron, ayant en partie collaboré à ces travaux de recherche.

3.2.3.2. En aval de la chaîne du produit : les valorisateurs

Ils sont dans certains cas liés par contrat avec les entreprises fabricantes. Ces contrats probablement de plus en plus nombreux au fil des années peuvent être de plusieurs natures : contrats avec obligations réciproques, contrats avec objectifs de recyclage à atteindre, contrats assurant un niveau de collecte de produits rentable et une pérennité des filières de traitement, contrats stipulant l'obligation de fournir une "fiche d'identité" des produits collectés (matériaux constitutifs identifiés, nécessité d'opérations de préparation ou de nettoyage, mode de séparation des éléments, ...).

Outre ces contrats, des entreprises se sont d'ores et déjà investies dans la fin de vie de leurs produits en intégrant des centres de démontage - recyclage expérimentaux dans leurs divisions, ce qui facilite le retour des informations et une meilleure appréhension par les concepteurs des problèmes de traitement des produits en fin de vie. C'est en particulier le cas de HP, qui avait installé il y a quelques années, dans le cadre d'un projet, une unité de démontage de PC dans son centre de Grenoble. De même Philips possédait un centre de recyclage, Mirec (Philips Recycling Centre, Eindhoven, Pays-Bas), qui depuis appartient au groupe Watco. Ce centre reçoit à présent du matériel usagé de toutes marques et s'est spécialisé dans le démantèlement de produits électroniques (18000 t/an), la séparation mécanique (6000 t/an), le stockage de matériel et la revente. Le retour (ou ***feed-back***) sur la conception est moins systématique puisque ce centre souhaite ne pas divulguer son savoir-faire.
Ces exemples d'unités expérimentales intégrées spécialisées "fin de vie" sont rares en fait mais le nombre de projets de recherche liant fabricants et entreprises de recyclage se multiplient ces dernières années. Leur problématique est claire : comment concevoir pour faciliter le recyclage en fin de vie ? L'ICER[59], au Royaume-Uni, est un de ces exemples d'associations : plus de cinquante partenaires anglais et autres européens, fabricants, fournisseurs, recycleurs, gouvernement sont associés pour réfléchir sur l'optimisation des techniques de recyclage et la conception pour le recyclage (CPR ou DFR).
Demeure néanmoins un obstacle à cette "systématisation" des retours d'informations aval/amont : la difficulté de suivre le cheminement des produits au cours de leur vie et de les collecter usagés. Beaucoup d'entreprises disposent en effet actuellement de circuits logistiques rendant le retour des produits en fin de vie difficile voire très compromis ...
A cette difficulté s'ajoute celle inhérente à la collecte des produits usagés qui va fortement dépendre du comportement éco-citoyen des consommateurs.

[59] ICER : Industry Council for Electronic equipment Recycling (***http://www.icer.org.uk***)

Ceci amène à s'interroger : comment motiver le comportement éco-citoyen des utilisateurs ? Quelle logistique inverse instaurer ? Comment assurer la rentabilité et la pérennité d'une filière de recyclage ?

La préoccupation de la fin de vie et la mise en place de filières de valorisation sont pourtant primordiales car elles vont permettre d'une part de recycler des matériaux aptes à être réutilisés et d'autre part de faire remonter des informations aux concepteurs concernant les problèmes de traitements rencontrés par les recycleurs, ...

Des réflexions sur des liens plus étroits entre les acteurs de la chaîne d'un produit ont été menées en France dans le cadre d'un projet d'Accord-Cadre prônant la responsabilité partagée et propre de chaque acteur, dans les domaines électrique et électronique (projet Desgeorges, [DESGEORGES 94]) mais elles n'ont pour l'heure pas été concrétisées[60] puisque depuis a été élaboré au niveau européen le projet de Directive désignant les fabricants comme les seuls responsables de leurs produits en fin de vie (cf paragraphe sur la réglementation). Aucune solution n'a donc véritablement été proposée et en particulier des filières de valorisation des produits.

3.3. Dimension cognitive : comment constituer et divulguer les connaissances nécessaires ?

Comme nous venons de le voir avec les valorisateurs, la prise en compte de l'environnement dans la conception nécessite des connaissances nouvelles et la mise en place de dispositifs pour apprendre. Des travaux sur les aspects organisationnels de l'éco-conception ont montré que la capacité des entreprises à se saisir de ce nouveau paramètre dépend de trois points essentiels [LENOX *et al.* 96] :

- les sources de connaissances internes et externes — **Phase Exploration *des connaissances***
- les liens de communication entre ces sources et les équipes de conception
- les structures permettant d'interpréter ces connaissances et les traduire pour l'équipe de conception

} **Phase Exploitation *des connaissances***

Cela dépendra aussi de la connaissance approfondie de l'activité même de conception. L'entreprise saura-t-elle explorer de nouvelles solutions pour répondre à des problèmes environnementaux ? Saura-t-elle exploiter les connaissances issues de sources diverses ?

[60] Des expériences pilotes de mise en application ont été menées dans les Régions Rhône-Alpes et Poitou-Charentes afin d'effectuer un état des lieux des gisements et des filières de valorisation existantes et à envisager. Il n'y a cependant pas encore de consensus national dans ce domaine.

Ceci revient à considérer deux problèmes à résoudre : comment constituer l'information et comment la transmettre puis la traduire à son destinataire ?

Cette problématique cognitive implique que l'entreprise s'inscrive dans une trajectoire de connaissance pour progressivement constituer son réseau, organiser le transport des informations vers chacun des acteurs concernés et assurer le partage des connaissances collectives, lesquelles permettent aux entités de communiquer plus rapidement et de s'appuyer sur des conventions partagées par tous [MER 98]. Elle doit se construire un modèle d'apprentissage. Aucun modèle ne doit être cependant considéré comme idéal et transposable à toutes les situations. Nous verrons dans la partie consacrée à l'étude de terrain les difficultés rencontrées pour mobiliser des connaissances nouvelles et mettre en place ce mode d'apprentissage.

3.3.1. Le besoin de connaissances : comment le satisfaire ?

De quelles informations essentielles a besoin l'entreprise et en particulier l'équipe de conception lorsqu'elle élabore un projet d'éco-conception ? C. Bakker, dans ses travaux de recherches sur le besoin d'informations environnementales des concepteurs, évoque deux catégories d'informations [BAKKER 95] :

- ***Celles relatives au produit*** :

  - Informations de base sur le produit et les notions de cycle de vie : substances toxiques éventuellement présentes et émises en cours de fabrication, … ,

  - Informations externes : la réglementation, les actions des concurrents, les grandes tendances en matière d'environnement offrant des opportunités de marché, les coûts environnementaux de traitements, de recyclage, … ,

  - Exemples de projets réussis et d'éco-produits sur le marché[61] (économies réalisées par les entreprises, avantages pour les clients, ….). Le besoin de se

[61] Exemples d'éco-produits : On pourrait citer l'ouvrage édité par l'ADEME et copiloté ADEME/O2 France, en 1999, "*Conception de produits et environnement - 90 exemples d'éco-conception*" [ADEME 99] et de nombreux sites Internet relatifs à des galeries d'éco-produits :

- site du PNUE - Working Group on Sustainable Product Development (Pays-Bas) - : ***http://unep.frw.uva.nl/NewHomepage/ProductExamples/ProductExamples.shtml***

- site du RMIT (Australie) : ***http://daedalus.edc.rmit.edu.au/outcomes/ERDNews/ERD6/Contents.html***

- site de O2 Global Network - Ecodesign Gallery - : ***http://www.ecomarket.net/design/index.html***

référer à des expérimentations réalisées dans d'autres entreprises est indispensable.

- ***Celles relatives au processus d'éco-conception*** :

  - Modèles de structure de processus d'éco-conception,
  - Méthodes et outils existants,
  - Règles essentielles à suivre, recommandations, conseils (d'après des expérimentations de terrain).

Les informations requises doivent être plutôt d'ordre pratique et simples, concrètes, fiables.
Les ressources les plus souvent citées en matière d'environnement, dans l'étude de C. Bakker, révélées avec l'ordre d'importance qui leur est accordée, sont les suivantes :

1. Expert en éco-conception,
2. Journaux spécialisés, périodiques et magazines de conception,
3. Fournisseurs, producteurs, valorisateurs,

ressources auxquelles M. Lenox [LENOX *et al.* 96] adjoint les connaissances individuelles des membres du personnel, les groupes de travail dans le cadre d'associations et de syndicats (travaux avec les concurrents sur des problématiques communes), les conférences, les workshops et l'on pourrait ajouter le réseau Internet depuis ces dernières années.

L'apprentissage, enfin, se fait progressivement la plupart du temps par le biais de projets de plus en plus ambitieux en matière d'intégration de la donnée environnementale (niveau 1 puis niveau 2 de l'éco-conception). J.B. Puyou, dans son article «*Démarches d'éco-conception en entreprise*» [PUYOU 99], évoque le terme d'**appropriation de la démarche d'éco-conception** par laquelle une entreprise évoluera au fil du temps d'une expérience pilote d'éco-conception vers une pratique et une formalisation de la démarche, et ce, jusqu'à une démarche intégrée où l'approche environnementale devrait être généralisée à tous les projets de conception. En termes de connaissances, celles-ci évolueront de même depuis la nécessité d'un expert externe (un cabinet conseil par exemple) jusqu'aux compétences internes (experts et membres de l'équipe projet).

3.3.2. Comment transmettre ces connaissances ?

Les **liens de communication** entre sources et équipes de conception peuvent être variables et multiples d'une entreprise à l'autre : des relais humains (experts, concepteurs formés, ...) et l'Intranet, notamment.

Pour ce qui concerne les **structures d'interprétation et de traduction des connaissances**, nous avons évoqué dans le paragraphe relatif à l'organisation interne, l'existence, dans les unités, de concepteurs seniors formés à l'environnement. Ils ont été formés lors de stages de sensibilisation à l'environnement, sur le management environnemental, l'éco-conception, ... Ce sont eux qui vont traduire les connaissances acquises aux équipes de conception et particulièrement les concepteurs. Ils vont en fait retranscrire ces connaissances dans le monde des concepteurs, le monde scientifique, d'après S. Mer [MER 98] ; ce monde est caractérisé entre autres par une connaissance collective centrée sur la connaissance des matériaux, des logiciels de simulation, ... Les informations ainsi formalisées selon un type de représentation familier pour le concepteur et référées à une action précise à mener ont des chances d'être plus aisément comprises et acceptées.
On retrouvera parfois le même schéma de formation / transmission-traduction avec des ingénieurs externes à l'équipe projet.

L'équipe du professeur J. Ehrenfeld du MIT propose un modèle de transfert d'informations, une structure "en sablier" semblable à celle proposée précédemment pour modéliser le rôle de l'expert en éco-conception [EHRENFELD *et al.* 97]. Il est représenté sur la figure 11 suivante.

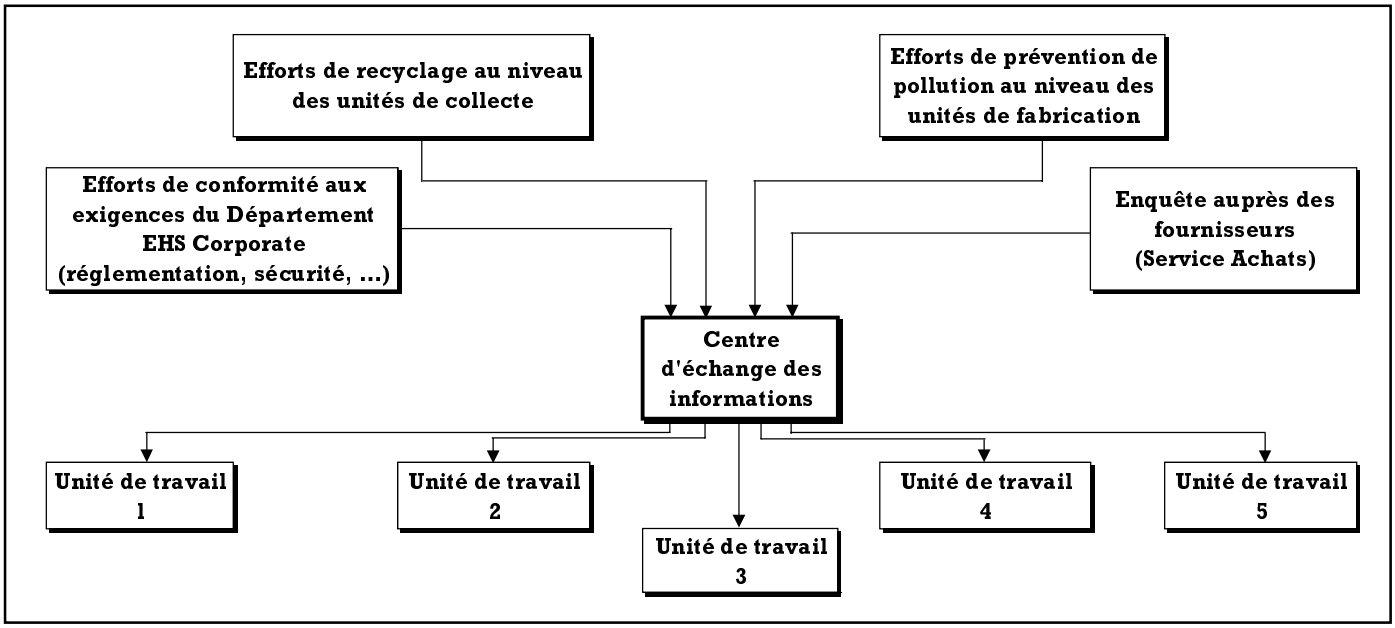


Figure 11 : Un modèle de transmission d'informations dans un projet d'éco-conception.

Source : John Ehrenfeld & Michael J. Lenox, "The Development and implementation of DfE programmes", The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 1, Avril 1997, p. 22.

Le centre d'échange d'informations, dont il est fait état peut être situé dans l'unité, le service spécialisé (Product Stewardship, ...) ou la structure spécifique (ECECP chez IBM). Il s'agit ici d'informations relatives à la chaîne du produit (phase de conception avec des données fournisseurs, phase de fabrication, phase de fin de vie avec des feed-back sur la conception) et d'autres relatives à des obligations réglementaires, sanitaires et de sécurité à respecter par le produit. Les partenaires externes, fournisseurs et valorisateurs sont donc mobilisés dans cet échange.

Le relais d'informations dans les équipes projet s'effectue avant tout aussi grâce à des groupes de discussions cross-fonctionnels assurant un échange pertinent entre les différents acteurs impliqués. Certains vont évoquer des processus d'apprentissage multi-dimensionnel en interne et en externe [BRAGD 97] et d'autres des processus d'apprentissage croisé caractéristiques du processus de conception classique : chacun a pris conscience de ce qu'il peut apporter et recevoir des autres et entretient des rapports de prescription réciproque avec les autres membres de l'équipe [HATCHUEL 94].

4. L'ARCHITECTURE D'UN PROJET DE CONCEPTION INTEGRANT LA DIMENSION ENVIRONNEMENT

Ce paragraphe concerne plus particulièrement la modélisation d'un projet dit "d'éco-conception" : les objectifs, les étapes du processus de développement, les facteurs de réussite mais aussi les risques d'échecs.

4.1. Les objectifs

Lorsqu'une entreprise décide d'élaborer un projet d'éco-conception, en particulier un premier projet de ce genre, les objectifs qui l'animent, outre le fait de développer un éco-produit et ainsi œuvrer pour le développement durable, sont d'ordre multiple [LOOIJS *et al.* 96]. Il va ainsi s'agir pour elle de :

- Chercher de nouvelles informations (via éventuellement de nouvelles voies), celles relatives à l'environnement et exploiter ces connaissances pour les mettre à profit dans le processus de conception,

- S'habituer à manipuler des données, outils et méthodes relatifs à l'environnement,

- Considérer le critère environnement au même titre que les autres critères de développement (coût, délai, performance) et évaluer son poids,

- Avoir une vision prospective sur le moyen et long terme, s'il lui en est possible et dépasser ses propres "frontières" : prendre en compte également les fournisseurs et les valorisateurs,

- Systématiser par la suite la prise en compte du critère environnement dans le développement de ses produits. La démarche à suivre est de procéder progressivement par incrément pour permettre à chacun d'apprendre et d'intégrer cette nouvelle donne dans ses activités "quotidiennes".

4.2. Les étapes du processus d'éco-conception

L'intégration du paramètre environnement dès la conception implique l'adjonction de réflexions environnementales et l'utilisation d'outils supplémentaires dans les différentes

étapes d'un processus de conception "classique". **Nous postulons que le déroulement du processus demeure le même depuis l'étape de planification du projet jusqu'à l'industrialisation du produit.**

Nous avons précédemment évoqué la possibilité de choisir plusieurs niveaux de remise en cause environnementale du produit. De même qu'en conception classique entre une reconception d'un produit actuel ou la conception d'un produit totalement innovant, les différences des démarches pour concevoir soit un produit amélioré en termes d'environnement par rapport à la version précédente, soit un produit vert totalement nouveau, résident essentiellement dans l'approfondissement plus ou moins important des études technico-économiques et marketing et de l'analyse fonctionnelle. Le choix du niveau d'éco-conception à atteindre s'effectuera donc dès le début du projet.

Dans l'introduction de ce mémoire nous avons vu que, pour intégrer le paramètre environnement, il paraît fondamental d'agir dès la phase de conception des produits (80% des nuisances du produit déterminés à cette étape) et le plus en amont possible dans le processus de conception, qui constitue de ce fait un lieu et un vecteur pertinent d'intégration de la dimension environnementale dans l'entreprise [MILLET 95]. La figure 12 ci-après corrobore ce propos puisqu'elle montre effectivement que la recherche de solutions plus environnementales doit se faire lorsque le champ d'alternatives de conception est le plus large possible. Plus on avancera dans le projet et plus les remises en cause jugées nécessaires seront problématiques, voire impossibles.

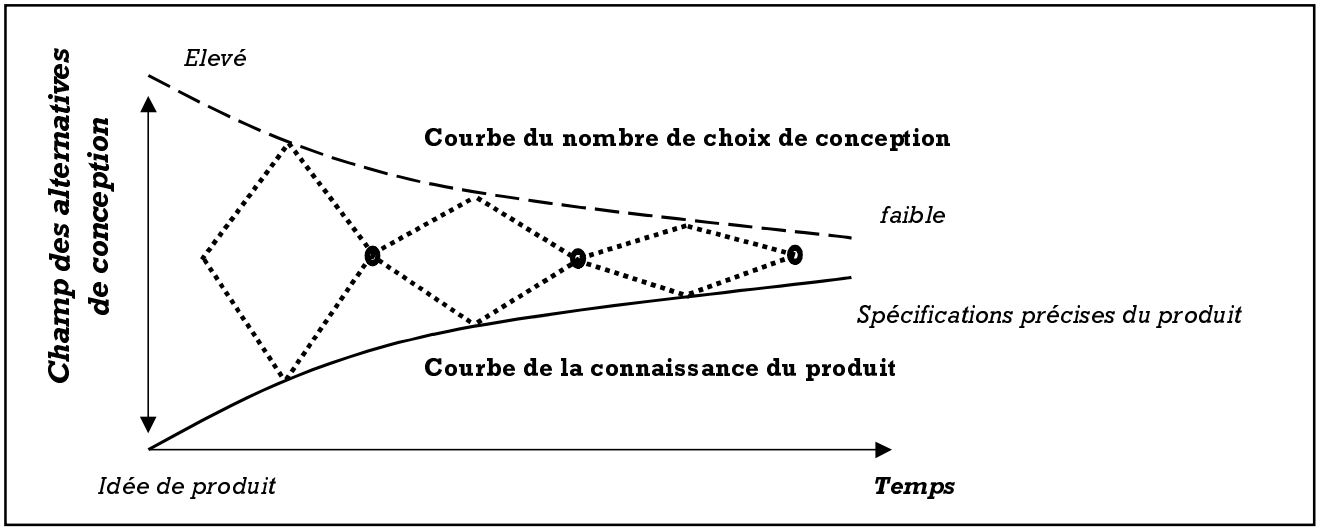


Figure 12 : La recherche d'alternatives de conception au cours du processus de développement.

<u>Source</u> : *Jaap Kortman, René van Berkel, Marije Lafleur, "Towards an environmental design toolbox for complex products", Proceedings of International Conference on Clean Electronics Products and Technology, 9-11 Octobre 1995, Erlangen, Allemagne, p. 36.*

A chaque changement d'étape, une revue de conception permet de choisir entre les nombreuses solutions possibles (cela correspond aux "nœuds" sur la figure). Au fur et à mesure de l'avancée du projet, le degré de liberté d'action décroît, le nombre de solutions de conception s'amenuise et la connaissance du produit s'élargit.

L'intégration de la donnée environnementale dans le processus de conception relève d'une approche méthodologique puisque le problème étant complexe et les incertitudes nombreuses, il importe que l'équipe projet puisse se référer à un support méthodologique de travail dans sa démarche.

Regardons dans un premier temps les modèles de processus de conception intégrant la donnée environnementale, proposés dans la littérature.

4.2.1. Quelques modèles de processus proposés dans la littérature

Le guide interne du groupe Philips présente les principales étapes de son processus d'éco-conception en différenciant la démarche stratégique d'une part et la démarche opérationnelle d'autre part [MEINDERS 97a], la partie stratégique dépassant les limites du projet puisqu'elle fait référence à la politique générale de l'entreprise.

Ce processus est présenté sur la figure 13 suivante :

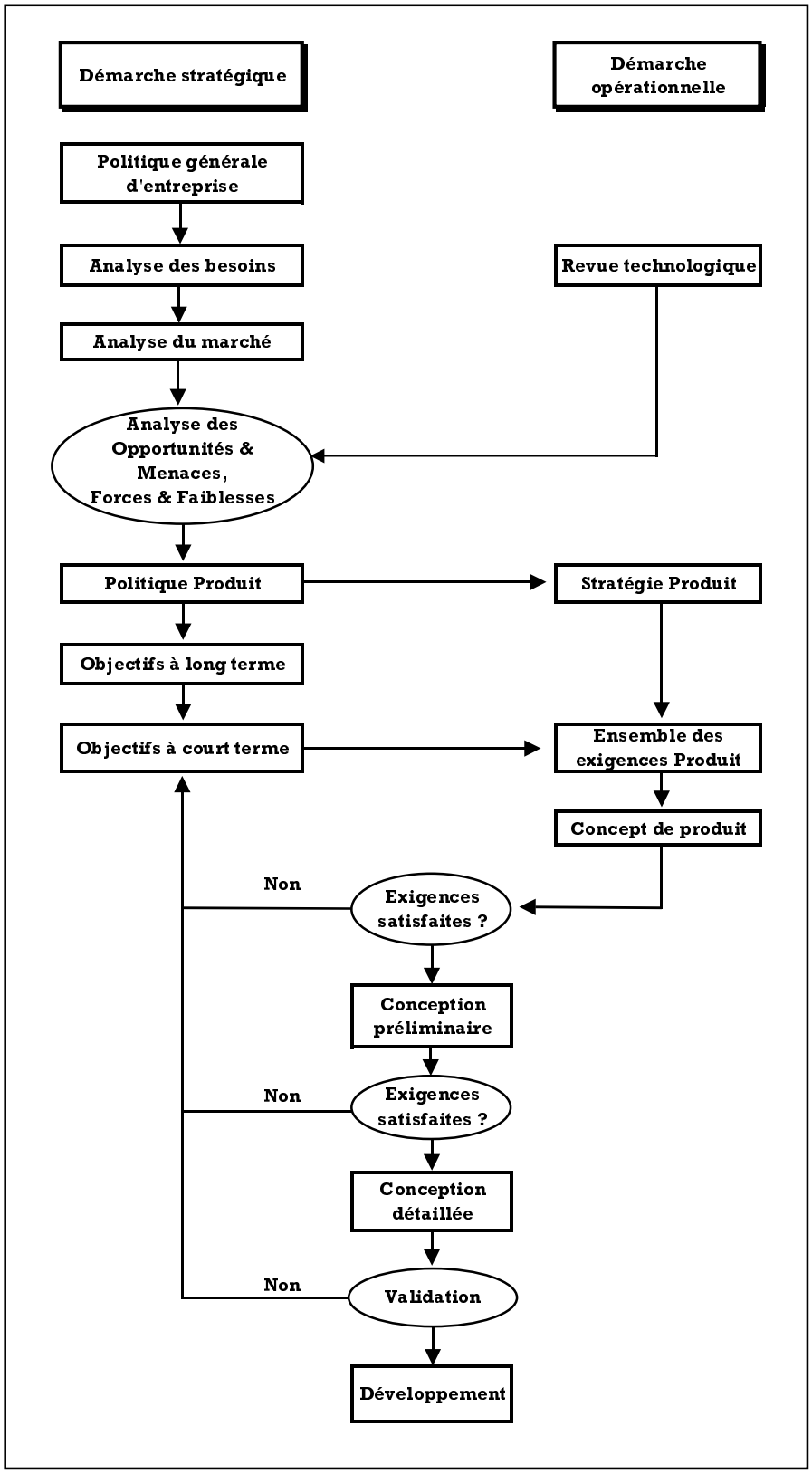


Figure 13 : Processus d'éco-conception proposé par le Groupe Philips.

Source : *Herman Meinders, "Point of no return", Philips EcoDesign guidelines, 1997.*

On peut remarquer sur le synoptique de cette figure 13 que le déroulement du processus d'éco-conception est effectivement similaire à celui d'un processus de conception "classique" qui peut se décliner de la manière suivante [QUARANTE *et al.* 96], [JOUINEAU 93] :

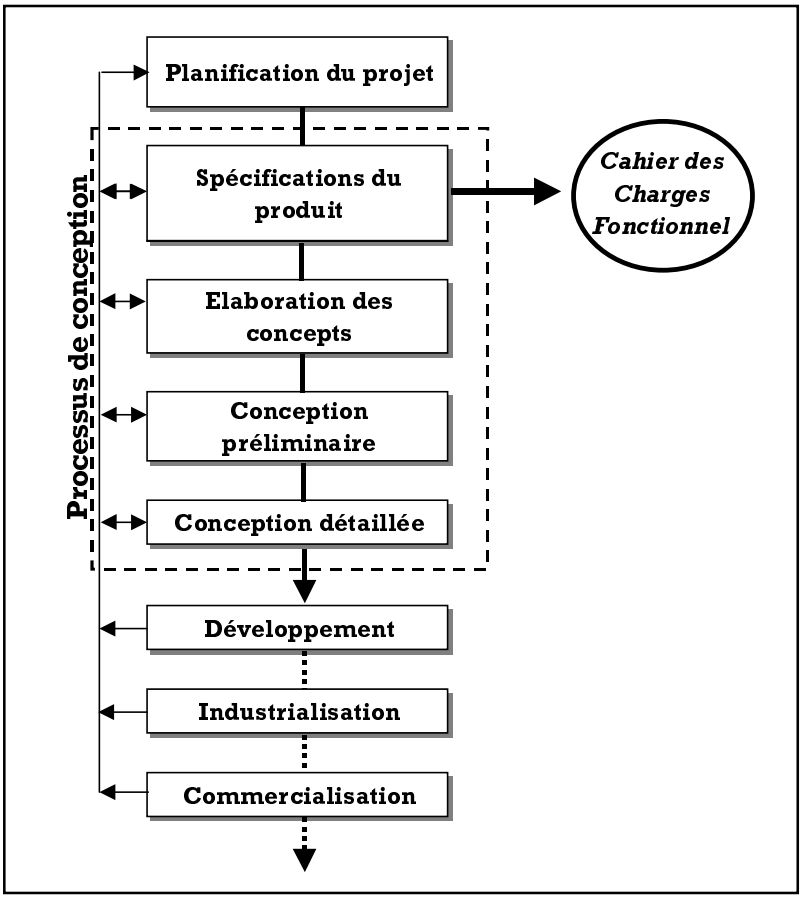


Figure 14 : Les principales étapes d'un modèle de processus de conception de produit.

Effectivement la démarche stratégique de la figure 13 peut être intégrée dans l'étape "planification du projet" de la figure 14 et la démarche stratégique alliée à la démarche opérationnelle concourent à l'élaboration du ou des concepts de produit.

C. Bakker, dans ses recherches sur l'information environnementale nécessaire aux concepteurs, s'est également intéressée aux étapes d'un processus de conception environnementale [BAKKER 95]. Elle s'est plus particulièrement attelée à comprendre le modèle de processus de conception classique proposé par MM. Pahl & Beitz [PAHL *et al.* 84], comparé à deux modèles de processus d'éco-conception, l'un proposé par G. Keoleian [KEOLEIAN et al. 93] et le second par H. Brezet [BREZET *et al.* 94].

Ces modèles sont présentés en parallèle sur la figure 16 ci-après. Ils ont été formalisés par C. Bakker selon une structure similaire de processus caractérisé par les étapes suivantes :

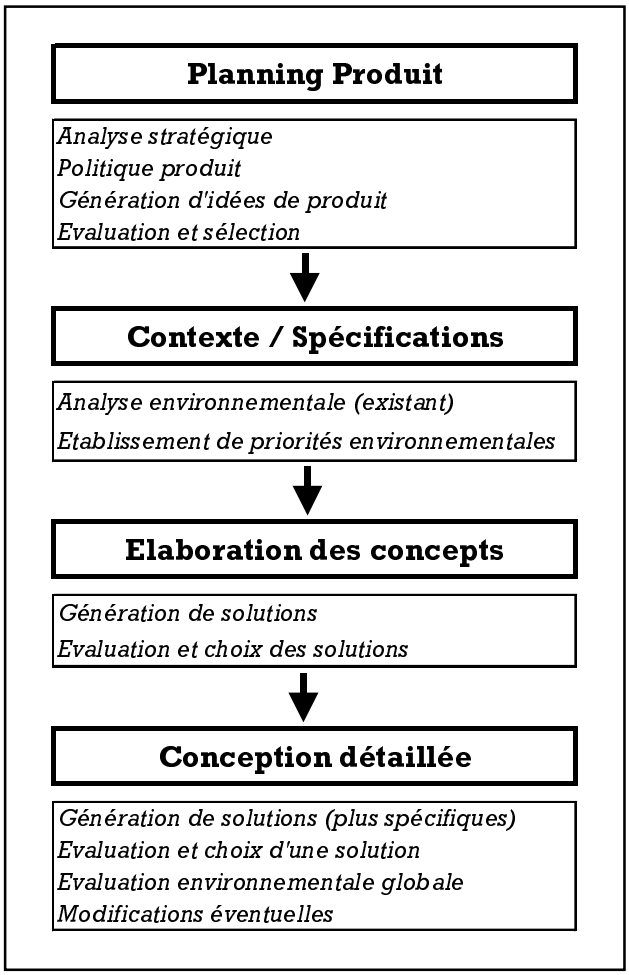


Figure 15 : Modèle de processus d'éco-conception proposé par C. Bakker (1995).

Source : *Conny Bakker, "Environmental Information for Industrial Designers", Thèse de l'Université Technologique de Delft, Pays-Bas, 1995, p. 119.*

Remarque : On parle ici de phase "planning produit", qui est en fait rigoureusement identique à la phase "planification du projet" évoquée dans le synoptique du processus de conception "classique".

	Modèle d'un processus de conception classique de PAHL & BEITZ **(1984)**	Modèle d'un processus d'éco-conception de KEOLEIAN *et al.* **(1993)**	Modèle d'un processus d'éco-conception de BREZET *et al.* **(1994)**
Planning Produit	**Projet**	**Management** Politique et stratégie	Phase 1 **Planification et organisation d'un projet** Phase 2 **Sélection d'un produit**
Contexte / Spécifications	Description du projet et élaboration des spécifications **Spécifications**	**Analyse des besoins** Besoins significatifs Champ d'application et objectifs **Exigences** environnement performance coût culture (service rendu, esthétique) ...) réglementation	Phase 3 **Analyse du problème et établissement des priorités** . Analyse du produit . Inventaire des impacts environnementaux . Etablissement des priorités environnementales . Analyse environnementale approfondie . Recherche d'options d'amélioration
Elaboration des concepts	Identification des problèmes essentiels Etablissement de structures fonctionnelles Recherche de solutions Evaluation ... **Concept**	**Conception** "Conceptuelle" Préliminaire Détaillée	Phase 4 **Recherche des solutions** . Recherche des solutions . Evaluation en fonction des exigences . Organisation d'un atelier d'éco-conception
Conception détaillée	Développement préliminaire Croquis et prototypes Sélection, affinage et évaluation **Maquette préliminaire** Optimisation et prototypes complets & définitifs Ultime vérification d'éventuelles erreurs **Maquette définitive**		Phase 5 **Détails** . Résolution des problèmes environnementaux . Stratégies de conception . Faisabilités environnementale, technique et économique
Réalisation		**Mise en oeuvre**	Phase 6 **Communication et introduction sur le marché** Phase 7 **Evaluation et planification des opérations de suivi** (retours d'expérience)

Figure 16 : Comparaison de deux modèles de processus d'éco-conception avec un modèle de conception classique.

Source : *Conny Bakker, "Environmental Information for Industrial Designers", Thèse de l'Université Technologique de Delft, Pays-Bas, 1995, p. 114.*

On peut remarquer sur le modèle de la figure 15 et le mode de représentation des trois modèles comparés, l'absence de l'étape de conception préliminaire dont on a fait état dans la description précédente du processus classique. Des trois modèles pourtant, seul celui de H. Brezet ne distingue que deux étapes dans la conception (conceptuelle ou élaboration des concepts et détaillée). Mais d'après C. Bakker le choix entre deux ou trois étapes est arbitraire puisque quoi qu'il en soit, le déroulement du processus reste identique depuis un concept de produit jusqu'à sa définition très précise.

Pour la suite nous avons retenu un modèle de processus d'éco-conception en faisant le choix de prendre en compte l'étape intermédiaire de conception préliminaire dans l'objectif de mieux conserver cette vision d'un déroulement très progressif et itératif.

L'étape de réalisation, qui concerne le développement, l'industrialisation et la commercialisation du produit, n'apparaît pas dans le modèle "consensus" de C. Bakker (figure 15) puisqu'elle ne relève plus directement des concepteurs. Nous en tiendrons néanmoins également compte ; ainsi, dans la partie suivante consacrée aux outils d'éco-conception, nous verrons que certains outils vont notamment aider les marketeurs - membres des équipes projet - à promouvoir les éco-produits sur le marché.

D'après la figure 16, la principale différence à noter entre les deux modèles d'éco-conception de G. Keoleian et H. Brezet et celui de la conception classique tient au fait que le modèle classique ne se focalise pas sur la phase de planification produit puisque dans ce cas la première étape va consister à définir directement le projet et établir les spécifications pour le futur produit. Tout ce qui se réfère à l'analyse stratégique, à la politique produit ne relevant pas de la tâche des concepteurs n'apparaît effectivement pas dans le processus "***strict***" de conception (appelé dans ce cas processus de développement de produit), comme on peut l'observer sur le processus d'innovation proposé par N.F.M. Roozenburg & J. Eekels[62] et représenté sur la figure 17 suivante.

[62]Référence de la figure proposée par N.F.M. Roozenburg & J. Eekels : cf thèse de Conny Bakker [BAKKER 95] : Roozenburg N.F.M., Eekels J., Produktonwerpen, structuur en methoden, Lemma, Utrecht, Pays-Bas, 1991.

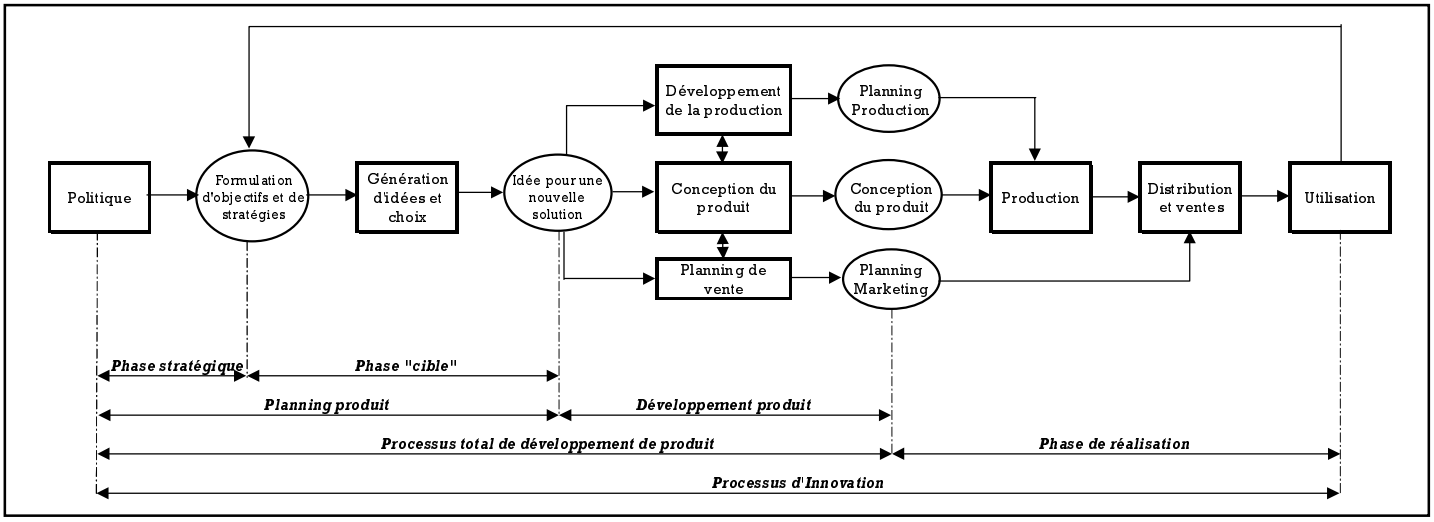


Figure 17 : Phases d'un processus industriel d'innovation.

Remarque : On peut remarquer sur la figure 17 que trois développements en fait interagissent entre eux tout au long du processus : le développement du produit proprement dit mais aussi celui de la fabrication (ou production) et le développement marketing (ou identification de marchés et planning des ventes). **Nous ne considérerons dans les propos suivants que le développement du produit**.

A la différence de la conception classique on a précédemment évoqué en matière d'éco-conception le rôle stratégique que peuvent jouer les concepteurs dans le choix des faisabilités de tel ou tel axe d'éco-développement. Ils ont donc leur place dans la phase "planning produit" de la figure 16.

Les deux modèles d'éco-conception proposés sont relativement similaires si ce n'est que celui de H. Brezet se décline précisément en termes de phases à suivre avec l'accent porté sur l'établissement des priorités environnementales (phase 3) et la génération et le choix de solutions d'amélioration (phases 3 & 4), alors que le modèle de G. Keoleian accorde davantage d'importance à l'analyse des besoins :

- **Besoins des clients** (en termes d'environnement en particulier)
- Limites du système à considérer (cycle de vie complet ou une seule étape)
- Etude environnementale de l'existant
- Etude de Benchmarking,

et l'établissement des ***exigences en termes d'environnement*** certes mais aussi de ***performance***, de ***coût***, de ***culture*** (forme, couleur, texture, matériaux, …, qui donnent au produit une valeur d'estime pour le client) et de ***réglementation***. Il requiert en particulier

pour cela l'élaboration de matrices des exigences - une pour chacun des cinq types –, lesquelles exigences sont à identifier pour chacune des phases du cycle de vie du produit et pour plusieurs critères spécifiques à leur type [KEOLEIAN *et al.* 94,95].
Les exigences environnementales vont par exemple se décliner comme suit pour une phase du cycle de vie du produit (plusieurs phases voire le cycle de vie complet du produit peuvent être considérés) :

	◄---------- **Système "produit"** ----------►		
	Produit	**Procédés**	**Distribution**
Inputs			
Matériaux	Contenu en matériaux	Direct : Matériaux utilisés Indirect : Equipements et installations + ressources pour produire ces équipements	Emballages Transports (véhicule + huile & liquide de freins) Equipements
Energie	Contenu énergétique	Energie des procédés	Contenu énergétique des emballages Consommation lors du transport
Ressources humaines		Travail	Travail
Outputs			
Matériaux	Produits Coproduits Résidus (déchets)	Résidus (déchets, chutes)	Résidus
Energie		Energie générée	

Tableau 16 : Matrice des exigences environnementales à remplir pour une phase du cycle de vie du produit, d'après G. Keoleian.

Source : *Gregory A. Keoleian, "Life Cycle Design - Framework and Demonstration Projects", EPA/600/R-95/107, Juillet 1995, p. 43.*

Les objectifs de ces exigences environnementales sont multiples. Il va s'agir de minimiser :

- l'emploi de ressources naturelles,
- la consommation d'énergie,
- la génération de déchets,
- les risques de santé et de sécurité,
- la dégradation des écosystèmes.

Un autre exemple de matrice concerne celle des exigences de coûts sur l'ensemble du cycle de vie.

Phases du cycle de vie	**Acteurs concernés**	
	Fabricant	**Consommateur**
Extraction des matériaux	Minimiser le coût des matériaux	
Fabrication	Minimiser le coût de fabrication – Coût du traitement des déchets (chutes de production notamment) – Coût des emballages	
Utilisation	Responsabilité du produit et de l'environnement	▪ Prix d'achat ▪ Coût de : – l'énergie consommée – la maintenance – la réparation
Service après vente	Minimiser les coûts de garantie	
Traitement en fin de vie	Responsabilités environnementales	Coût d'élimination

Tableau 17 : Matrice des exigences de coûts sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit, d'après G. Keoleian.

Source : *Gregory A. Keoleian, "Life Cycle Design - Framework and Demonstration Projects", EPA/600/R-95/107, Juillet 1995, p. 47.*

Pour G. Keoleian, les exigences sont identifiées par différents services [KEOLEIAN *et al.* 94] :

- En termes d'**environnement** : Environnement
  Contrôle Qualité
  Production
  Direction
- En termes de **performance** : Ingénierie
  R&D
  Bureau d'étude
- En termes de **coût** : Achats
  Comptabilité

- En termes de **réglementation** : Réglementation (si le service existe)
  Environnement

- En termes de **culture** : Marketing
  Ventes (commercial)
  Maintenance

Une fois établies ces exigences seront hiérarchisées pour distinguer les exigences critiques des exigences "souhaitables" ; on peut affecter un poids à chacune de ces exigences classées ensuite et réparties en plusieurs groupes, selon la classification suivante par exemple [KEOLEIAN *et al.* 95] :

Exigences obligatoires : Exigences considérées en toute priorité. Si elles ne sont pas respectées le produit ne peut être accepté.

Exigences désirées : Exigences moins importantes, pouvant conduire l'équipe à rechercher la meilleure solution, celle qui ne satisfait pas que les exigences obligatoires.

Fonctions auxiliaires : Fonctions non prioritaires relevant davantage du confort, de l'estime du client. Elles peuvent être prises en compte si elles ne remettent pas en cause les exigences critiques.

L'affectation des priorités est toujours une tâche difficile pour l'équipe projet puisque bien souvent les exigences ne relèvent pas du même domaine et ne s'expriment pas dans les mêmes termes (coût, culture, réglementation, ...). Ce sont les expériences de chacun qui pourront aider dans ce choix délicat.

Ci-dessous, d'autres méthodes de classification des exigences peuvent être considérées :

		Exemples
Exigences :	**obligatoires**	Respect des lois environnementales en vigueur
	désirées	Au delà du "simple" respect
ou	**qualitatives**	Réduire l'emploi de substances toxiques
	quantitatives	Spécifier une réduction de 25% de l'emploi de plomb

... / ...

ou	**présentes**	Réglementation actuelle
	futures	Réglementation future (sur le retour des produits ou le bannissement de telle ou telle substance)
ou	**générales**	Composants recyclables
	spécifiques	Efficacité énergétique
	(**mesures environnementales**)	Energie utilisée par opération unitaire

Source : Gregory A. Keoleian, "Life Cycle Design - Framework and Demonstration Projects", EPA/600/R-95/107, Juillet 1995, p. 49.

La plupart du temps ces exigences sont conflictuelles, l'absence de conflit révélant en fait des exigences trop imprécises. La génération et le choix de nouvelles solutions de conception (répondant à l'essentiel du champ des exigences) vont donc donner lieu à des exercices de compromis au cours de nombreuses discussions au sein de l'équipe projet.

Pour revenir au modèle de H. Brezet de la figure 16, nous noterons enfin qu'il fait état d'une **phase "retour d'expérience"** (phase 7) qui nous paraît essentielle dans une démarche que l'on souhaite d'amélioration continue. Elle permet :

- d'évaluer les écarts entre les objectifs de marché escomptés et les ventes : les "éco-clients" attendus sont-ils au rendez-vous ? Si oui, sont-ils satisfaits ?
- d'évaluer les écarts potentiels entre la fin de vie attendue d'un produit et la réalité des traitements : le produit a été conçu démontable et recyclable mais l'on s'aperçoit en définitive qu'il est broyé et incinéré. Pourquoi ?
- d'évaluer les impacts environnementaux réels d'un produit (au cours de son utilisation en particulier) et de les comparer avec les impacts potentiels escomptés (hypothèses réalisées en cours de conception).
- ...

Ce retour d'expérience pourra permettre de rectifier les imperfections ou d'optimiser les critères de conception sur un futur projet.
Nous avons donc également pris en compte cette étape "retour d'expérience" dans le modèle de processus d'éco-conception que nous avons retenu.

Passons à présent à la description du modèle de processus d'éco-conception tel que nous l'avons choisi. Attention, il ne s'agit bien évidemment pas d'un modèle idéal, d'une "recette" toute prête applicable dans n'importe quelle situation. Nous avons simplement souhaité évoquer le déroulement d'un processus de conception en identifiant précisément les points d'entrée de la composante Environnement.
Les paragraphes suivants retracent donc les différentes étapes du modèle, étapes identiques à celles du modèle de la figure 14. Pour chaque étape nous verrons la démarche classique de conception, avant d'aborder l'introduction de la contrainte environnementale [RAM *et al.* 98] en termes d'objectifs, d'études, d'analyses. Nous aborderons les outils à utiliser dans la partie suivante de ce mémoire.

4.2.2. Planification du projet

Cette phase incombe en partie à la Direction de l'entreprise. Elle ne fait pas à proprement parler partie des phases associées au ***processus de conception classique*** puisqu'elle relève d'une approche stratégique alors que la tâche de l'équipe de conception, plutôt d'une approche opérationnelle. Elle est par contre bien intégrée dans le ***processus d'éco-conception***.
Cette étape consiste à établir le contexte du développement d'un produit permettant la détermination de ses spécifications.

4.2.2.1. Analyse des besoins

D'après sa politique et dans le cadre d'une stratégie d'action, la direction de l'entreprise désireuse de s'investir dans un nouveau projet va en premier lieu être amenée à analyser différents besoins. C'est le service Marketing qui en est chargé.

– Quels sont ses propres besoins ?

  - Existe-t-il en particulier pour l'entreprise des opportunités révélées par l'élaboration de nouvelles technologies ?
  - Doit-elle compter sur de futures contraintes, donc des menaces, révélées par de nouvelles réglementations visant ses activités, ses produits ?

– Quels sont les besoins généraux des clients ?

  - Sont-ils satisfaits par le(s) produit(s) actuel(s) -*désigné(s) comme produit(s) référence*- ?

- Existe-t-il d'autres moyens de satisfaire ces besoins ?
- Peut-on imaginer une possibilité d'évolution de ces besoins ?
- Les changements radicaux d'un produit ont-ils des chances d'être acceptés ?

En termes d'éco-conception il va s'agir, à ce niveau d'ordre stratégique, d'identifier les besoins environnementaux du consommateur en général. Ces besoins peuvent être latents ou exprimés. Les principales questions à se poser sont les suivantes :

- Quelles sont les tendances actuelles globales en matière de besoins environnementaux ?
- Est-ce que ce ou ces besoins plus ou moins aisément identifiés sont effectivement satisfaits par les produits commercialisés par l'entreprise actuellement ?
- Comment pourraient évoluer ces besoins dans les 10 ou 20 années à venir (vision proactive) ?

4.2.2.2. Analyse de Marché

Le service Marketing va réaliser une **analyse stratégique** par rapport d'une part aux principaux concurrents qu'elle aura identifiés et d'autre part aux besoins des clients :

- quelle stratégie les concurrents ont-ils adopté ?
- sur quels marchés sont-ils établis?
- quels produits développent-ils ?
- Existe-il des besoins des clients que les produits concurrents ne satisfont pas ?

L'objectif de cette analyse est de se positionner par rapport à ses principaux concurrents pour essayer d'identifier des opportunités de marché.

En termes d'éco-conception le service Marketing va analyser les principales tendances en matière de préoccupation environnementale essentiellement parmi ses clients, les concurrents et l'opinion publique.

↳ *Concernant les clients* :

- Quels sont les besoins des clients en matière d'environnement ?
- Les clients seraient-ils prêts à payer plus cher des produits plus "écologiques" ?
- Les clients accepteraient-ils de payer une taxe supplémentaire sur les produits pour assurer le coût de traitement des produits usagers (à charge pour l'entreprise) ?

- Quels sont les critères environnementaux pouvant permettre d'améliorer les ventes des produits ?
- Les clients accordent-ils de l'importance à la présence d'écolabels (dans le cas où ils ont l'information nécessaire et suffisante) ?
- Quels sont les critères environnementaux utilisés par les associations de consommateurs pour comparer plusieurs produits sur le marché ?
- …

↳ *Concernant les concurrents* :

- Quelle(s) stratégies environnementales les principaux concurrents identifiés ont-ils adopté ?
- Sur quels marchés sont-ils positionnés ?
- Quels sont les risques à craindre de pertes de marché éventuelles sur les marchés où les concurrents directs ont pris en compte un certain nombre de critères environnementaux dans leurs produits (pour des produits similaires) ?
- Les concurrents commercialisent-ils des produits portant des écolabels ?

Il s'agit ici de faire de l'***Eco-Benchmarking***, pour reprendre l'expression de H. Brezet [ROCHA *et al.* 99].

↳ *Concernant l'opinion publique* :

- Comment est perçue la notion de "responsabilité du fabricant vis-à-vis de ses produits" ?
- Quelle est la perception de l'opinion publique vis-à-vis des produits actuels ?
- Qu'est-ce que l'opinion publique peut considérer comme critère environnemental fondamental et quelle influence cela peut avoir sur les produits actuels ?
- Dans quelle mesure les produits actuels peuvent participer directement ou indirectement à une pollution environnementale de la Société ?
- …

Forte des résultats de ces analyses, la direction va alors caractériser le nouveau projet de développement en ayant évalué en externe les ***opportunités*** et ***menaces*** que représente pour elle le projet et d'autre part en interne ses ***forces*** et ***faiblesses*** en termes techniques, économiques et environnementaux, sans compter les risques réglementaires (taxes dissuasives à payer).

4.2.2.3. Caractérisation du projet

Ayant identifié les besoins significatifs que devra satisfaire le produit à concevoir, la Direction va alors déterminer s'il s'agit d'améliorer un produit existant ou d'imaginer un produit entièrement novateur : elle va se définir une certaine idée du produit.
Après quoi seront choisis différents membres des services concernés par la conception (marketing, bureau d'étude, achats, méthodes, production, qualité), pour constituer l'équipe projet, avant de fixer le budget et les principales dates jalons du projet.

Remarque : Il s'avère que dans des projets de reconception, cette phase de planification est plus brève voire presque inexistante par rapport à un projet d'innovation puisque l'approche est moins "stratégique" [BAKKER 95].

En termes d'éco-conception cette étape va de même consister à définir le projet au vu des résultats d'analyses précédentes, soit élaborer une ou plusieurs idées du produit à concevoir ; en l'occurrence dès cette phase, l'entreprise va choisir le **niveau d'éco-conception** qu'elle souhaite atteindre, soit le niveau de remise en cause de ses produits : un niveau d'***éco-reconception*** (niveaux 1 et 2) ou d'***éco-innovation*** (niveau 3). Une telle stratégie sera approfondie en termes de cibles (système et critères environnementaux pris en compte notamment) d'après les études réalisées dans l'étape suivante.
L'équipe projet constituée peut être assistée d'un ***expert désigné en éco-conception*** (externe ou interne à l'équipe).

Bien entendu en parallèle de cette démarche, il va s'agir de **sensibiliser le personnel à l'environnement** et en particulier l'équipe projet, pour que le projet ait des chances de réussir. De là les fournisseurs seront à leur tour sensibilisés par les acheteurs.
Pour le cas où la Direction soit déjà convaincue des opportunités offertes par la prise en compte de l'environnement dans la conception de ses produits, elle s'engage dans le projet pour motiver son personnel (approche Top-Down) et lui organise des sessions de formations à l'environnement en interne et/ou externe. Elle peut également décider dans certains cas, si le besoin s'en fait sentir, de recruter ou louer les services d'un expert environnement-produit en externe.
Pour le cas où la Direction ne soit pas convaincue, il se peut que la préoccupation environnementale provienne du service Marketing ayant identifié les besoins particuliers des clients ou les actions des concurrents. Son rôle sera alors de motiver la Direction (approche Bottom-Up) pour initier le projet et se retrouver dans la situation évoquée précédemment.

En fin de phase "planification du projet", la direction de l'entreprise s'est fixé un certain nombre d'objectifs généraux à atteindre, les ressources nécessaires (humaines et financières) et les actions à engager.
En matière d'éco-conception le projet est défini et l'équipe peut être assistée dans la mesure du possible d'un expert en éco-conception.
Les principaux objectifs en particulier en termes d'environnement sont fixés et le niveau d'éco-conception à atteindre (lequel définit le type de projet) pratiquement déterminé ; il sera confirmé dans l'étape suivante d'après les études "du contexte".

En marge du projet l'objectif principal à atteindre est aussi de sensibiliser le personnel et les fournisseurs à l'environnement pour que tous puissent participer activement à la démarche.

4.2.3. Spécifications du produit (Etude du contexte)

Cette étape va consister à identifier un certain nombre d'exigences générales que devra respecter le produit ; ce sont les exigences fonctionnelles ou spécifications qui apparaîtront dans le cahier des charges fonctionnel. On peut parler d'objectifs de conception, lesquels peuvent être pour le court terme ou le long terme.

Les spécifications environnementales peuvent faire l'objet d'un cahier des charges particulier ou être intégrées dans le cahier des charges fonctionnel "classique" remis à l'équipe projet.

Ces exigences vont être établies en réalisant plusieurs études "du contexte" à la fois **d'ordre stratégique** et **opérationnel**.

4.2.3.1. Etude de Marché spécifique

Cette étude auprès de la clientèle va permettre entre autres de cerner le domaine à explorer en termes techniques, le niveau de qualité exigé, l'échelle de prix à prévoir et les caractéristiques esthétiques.

En termes d'éco-conception, cette étude doit consister à identifier précisément les critères environnementaux à prendre en compte dans le produit : moindre consommation énergétique en phase d'utilisation, pas de substances toxiques, conception modulable, produit plus léger, …

4.2.3.2. Etude Technico-Economique

Cette étude multiple d'ordre opérationnel va consister à observer les produits concurrents, leurs formes, leur structure, leurs matériaux constitutifs, … - on parle dans ce cas d'**étude de Benchmarking** -, mais consister aussi à vérifier l'existence de brevets et à réaliser un état de l'art des techniques actuelles et éventuellement nouvelles.
En interne, il va s'agir d'identifier les savoir-faire de l'entreprise et les technologies disponibles et de déterminer le degré d'adaptation du personnel.

En termes d'éco-conception une telle étude multiple d'ordre **opérationnel** peut se décliner de la manière suivante :

Etude des produits concurrents :

Etude de Benchmarking environnemental en termes écologiques dans le cas où une évaluation des impacts environnementaux de leur cycle de vie complet est réalisable et/ou par rapport à des critères de conception (agencements des composants permettant un désassemblage aisé ou non, types de connexions utilisés, matériaux employés, ….).

Etude des produits actuels :

– *Etude des impacts environnementaux de l'existant* sur l'ensemble du cycle de vie pour en identifier les points faibles comme les procédés techniques polluants, les substances toxiques utilisées, … et envisager des voies d'amélioration : emploi de matériaux plus propres, réduction de la consommation d'énergie, réduction de la masse du produit, …

– *Etude de la conception actuelle des produits* pour les comparer avec leurs concurrents et identifier les améliorations envisageables : amélioration de la désassemblabilité, réduction des emballages, …

Nous verrons, dans la partie suivante, les outils que l'entreprise peut utiliser pour évaluer ces impacts environnementaux ou la conception même des produits.

Réalisation d'un état de l'art des techniques et d'une veille technologique :

Plusieurs questions se posent pour réaliser ce travail : existe-t-il d'autres techniques de fabrication moins polluantes ? d'autres sont-elles à l'étude ? quel pourrait être l'impact économique et/ou environnemental de telle ou telle modification de technique utilisée ? …

Etude des coûts :

– *Les coûts actuels* de traitement des produits en fin de vie en fonction des coûts de collecte, des coûts des technologies disponibles et ce par rapport aux filières de recyclage existantes. L'objectif est d'identifier les principales causes de dépenses pour identifier les possibilités de les réduire.

– *Les risques d'accroissement des coûts* de mise en décharge (cf étude réglementaire), des coûts de l'énergie, des coûts de modifications de procédés liées à l'interdiction de l'emploi de telle ou telle substance, …

4.2.3.3. Etude Réglementaire et Normative

Il va s'agir de passer en revue tous les textes et les normes qui pourraient concerner de près ou de loin le produit à développer.

En termes d'éco-conception cette étude va consister à rechercher tous les textes de loi (nationaux et internationaux), en matière d'environnement, qui concernent le produit actuel et pourraient concerner de près ou de loin le produit futur, et à anticiper sur l'évolution de la réglementation.
Nous avons en effet vu, dans le paragraphe qui lui est plus haut consacré, qu'une loi française concerne la conception écologique des emballages et que des directives européennes, sur la fin de vie des produits électriques et électroniques d'une part, et des produits automobiles d'autre part sont en préparation.
L'objectif d'une telle étude est donc d'identifier les charges qui vont peser à terme sur l'entreprise par rapport à sa responsabilité vis-à-vis de ses produits, de surveiller

l'évolution des taxes sur les mises en décharge, des textes de lois relatifs au bannissement ou à la restriction de l'emploi de certaines substances dans le cas où certaines susceptibles d'être visées sont effectivement utilisées.
Il va s'agir également de prendre en compte les réglementations environnementales en vigueur dans les pays où les produits de l'entreprise sont ou seront commercialisés.

En termes de normes, il va falloir identifier les normes françaises et étrangères liées à l'environnement lesquelles pourraient concerner le produit (norme NF ISO 11469 sur le marquage des plastiques par exemple).

De telles études seront réalisées par le service **Marketing** aidé notamment du Bureau d'étude (pour l'étude technique des produits), des **Achats** (pour la veille technologique en matière de nouvelles techniques de production, d'élaboration de nouveaux matériaux moins polluants, ...) et du service **Environnement** (pour la veille réglementaire et normative).

Les résultats de ces études vont se traduire par des exigences à prendre en compte dans la conception du futur produit, lesquelles seront listées et classées par ordre de priorité comme précédemment évoqué avec le modèle d'éco-conception proposé par G. Keoleian. [KEOLEIAN *et al.* 95].
A l'instar du processus classique, ces exigences seront ensuite traduites en fonctions de service et contraintes, auxquelles devra répondre le produit : réglementation, performance, coût, qualité, **environnement** ... C'est le résultat de l'***analyse fonctionnelle*** du produit. Ses spécifications fonctionnelles peuvent être caractérisées qualitativement et/ou quantitativement. en particulier.
Le niveau d'éco-conception et les objectifs précis à remplir sont définis.

<u>Remarque</u> : Dans le cas d'une reconception de produit, ces études du contexte et l'analyse fonctionnelle sont moins approfondies que dans le cas d'un projet innovant puisque le produit n'est pas entièrement modifié (des composants, des matériaux, ... peuvent être conservés).

Il s'est agi ici d'établir en quelque sorte la **politique environnement-produit** de l'entreprise, dérivée de la politique produit générale (cf figure 13), avec les **moteurs externes** et **internes** de l'éco-conception clairement exprimés. Deux niveaux d'objectifs à prendre en compte sont possibles : à court terme (CT) et à long terme (LT).

A ce niveau du projet les **frontières du système** à considérer sont établies, à savoir si l'équipe va focaliser son action sur :

❶ ***le cycle de vie complet*** du produit : approche DfE ou LCD,

❷ ***une phase du cycle de vie*** : fin de vie par exemple (approche DfD ou DfR),

❸ ***un critère sur l'ensemble du cycle de vie*** du produit ; ce critère peut être considéré comme pertinent selon le type d'activité de l'entreprise : la consommation d'énergie sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit par exemple pour une entreprise fabricant des luminaires,

❹ ***un critère sur une phase du cycle de vie*** : la consommation d'énergie d'un produit en phase d'utilisation[63].

En fin de phase "spécifications du produit", les nombreuses études réalisées essentiellement par le service Marketing ont permis d'établir un cahier des charges fonctionnel (CdCF)[64] qui comprend un volet environnement relatif au système à considérer, en particulier sur quel critère et quelle(s) phase(s) du cycle de vie focaliser les recherches de solutions techniques plus environnementales.
Des objectifs d'éco-conception précis peuvent être stipulés, notamment si le service Marketing a plutôt un rôle de prescription et le Bureau d'Etude, un rôle d'exécution.

Remarque : Ces deux phases du processus d'éco-conception, **planification** et **spécifications** ont été dénommées sous le concept "**ARPI**" dans le cadre du projet britannique DEEDS (évoqué dans le paragraphe "*préoccupation environnementale d'ordre international*") [SIMON *et al.* 98], concept décrit dans le tableau suivant :

[63] Consommation d'énergie : Certains pays comme la Suisse et les Pays-Bas disposent de réglementations sur la limitation de la consommation d'énergie des produits.
[64] D'aucuns évoquent le terme de **cahier des charges marketing**.

		Niveau stratégique	Niveau opérationnel
A	**Analyse**	▪ Identification des moteurs externes et internes.	▪ Evaluation environnementale de l'existant.
R	**Report**	▪ Communication de la politique environnementale de l'entreprise pour sensibiliser le personnel.	▪ Communication des résultats de l'évaluation à l'équipe de conception.
P	**Prioritise**	▪ Choix d'une stratégie d'éco-conception avec objectifs globaux à atteindre (choix d'indicateurs). *(Stratégie incluse dans la stratégie de développement-produit).*	▪ Identification des points d'amélioration. ▪ Etablissement d'objectifs précis de conception pour déterminer les spécifications.
I	**Improvement**	▪ Etablissement précis du plan d'action. ▪ Développement ou adaptation des outils et méthodes d'aide pour l'équipe projet.	▪ Conception de produit avec l'aide d'outils appropriés utilisés par des concepteurs "avertis" et formés.

Tableau 18 : Concept "ARPI" sur la définition du projet et la détermination des spécifications du produit.

<u>Source</u> : *Gregory A. Keoleian, "Life Cycle Design - Framework and Demonstration Projects", EPA/600/R-95/107, Juillet 1995, p. 43.*

Les étapes suivantes vont consister dans une démarche progressive à traduire les exigences fonctionnelles ou spécifications en termes de coût, de performance, de qualité, de sécurité et d'environnement en paramètres précis de conception du produit : dimensions, forme, matériaux, composants …

Le processus est itératif dans le sens où lors du passage d'une étape à l'autre, une revue de conception permet d'autoriser ou pas la continuation du projet dans la voie choisie, et ce en évaluant si les objectifs fixés peuvent ou pas être remplis.

4.2.4. Elaboration des concepts

Cette phase va consister à proposer des concepts innovants ou améliorés en termes d'usage, en termes techniques, lesquels doivent répondre aux spécifications du CdCF.
Plusieurs séances de brainstorming ou de créativité sont organisées au sein de l'équipe projet pour faire de nombreuses propositions et des recherches de technologies sont réalisées auprès des fournisseurs. Le travail de l'équipe va donc être focalisé sur la recherche de concepts technologiques [AOUSSAT 90], qui associés vont aboutir à la proposition de concepts de produits.
Le processus est jalonné de recherches divergentes d'une multitude de solutions, pour converger vers des solutions envisageables après tests de faisabilité et évaluations diverses en termes technico-économiques (revues de conception). Plusieurs plans techniques et maquettes du produit sont envisagés.
Cette notion de divergence dans la recherche et de convergence vers des solutions va se retrouver à chaque étape du processus comme représenté sur la figure 12 précédente [KORTMAN *et al.* 95].

En termes d'éco-conception, l'expert désigné, s'il en est, interne ou externe à l'équipe selon le cas de figure, joue ici le rôle de conseiller dans la recherche d'alternatives environnementales de conception tout en veillant à ce que ces solutions soient étudiées en termes de faisabilité au même titre que les choix "plus classiques".
Le choix de plusieurs solutions sera effectué au vu des résultats d'évaluation en termes technico-économiques et environnementaux. Des check-lists adéquates peuvent permettre à l'expert d'éliminer certains concepts de solution trop éloignés des objectifs environnementaux visés et de valider d'autres concepts alors retenus pour l'étape suivante. Une attention toute particulière doit être portée sur le fait que les exigences environnementales ne doivent en aucun cas être respectées aux dépens d'autres exigences et vice versa. Un compromis doit être établi …
Nous verrons dans la partie suivante (partie 2) quels types de check-lists peuvent être utilisés.

En fin de phase "élaboration des concepts", plusieurs concepts de produit sont retenus. Lors de la revue de conception une check-list environnementale va permettre à l'expert de valider certains choix de solutions permettant de respecter les objectifs d'éco-conception précédemment fixés, sans pour autant que soient négligés les autres objectifs de conception.
Les solutions éliminées ne répondent pas aux exigences fonctionnelles.

4.2.5. Conception préliminaire

A ce stade, les solutions pré-choisies précédemment s'affinent via de nouvelles séances de créativité. Les principaux éléments du produit sont déterminés (plans des pièces en particulier) et organisés selon plusieurs architectures potentielles : plusieurs agencements et connexions des composants peuvent être envisagés [LE COQ 92].
En termes d'éco-conception, les résultats des études de l'existant (conception, environnement) et de benchmarking vont aider à proposer plusieurs architectures du produit, lesquelles peuvent permettre un démontage plus aisé, moins de connexions, une moindre diversité de matériaux, ….
Les alternatives possibles sont évaluées sur des prototypes plus élaborés puis retenues ou abandonnées.

En fin de phase "conception préliminaire", le choix de l'architecture du produit est effectué et ce en ayant vérifié que le maximum d'objectifs visés peuvent être atteints y compris les objectifs environnementaux relatifs à la réduction de la consommation d'énergie du produit, à une optimisation de sa désassemblabilité, … Les principaux composants du produit sont connus. Une revue de conception a permis de valider ce choix parmi plusieurs architectures possibles.
Connaissant davantage le futur produit, une évaluation environnementale de sa conception et/ou de ses impacts "écologiques" potentiels peut être effectuée pour valider ou invalider le choix. Dans le cas d'une invalidation majeure de nouvelles solutions sont à envisager (retour au début de cette étape voire à l'étape précédente).

4.2.6. Conception détaillée

Cette phase voit la description complète du produit : forme, dimensions, architecture, éléments constitutifs, matériaux, … Un prototype fonctionnel du produit final est élaboré. Plusieurs tests sont encore effectués par le service qualité pour valider ce prototype.
En termes d'environnement en particulier, une évaluation approfondie, en termes d'impacts et de conception est fortement envisageable ; cette étude sera plus précise que pour l'étape précédente puisque le produit est complètement défini. Elle va consister entre autres à vérifier si les problèmes identifiés sur le produit référence de départ (l'existant) ont été résolus.

La validation par la Direction ne sera possible qu'avec l'aval de l'expert en éco-conception et du chef de projet après études des résultats de l'analyse environnementale ; une checklist environnementale et un outil d'évaluation plus élaboré pourront être utilisés.
Cette validation permet d'officialiser la fin de conception du produit.

En fin de phase "conception détaillée", le prototype fonctionnel du produit est finalisé. Sa validation lors de la revue de conception ne sera possible qu'après accord de l'expert en éco-conception sur les résultats de l'analyse environnementale.
L'aval de la Direction permet d'entreprendre la phase de développement.

4.2.7. Développement, industrialisation, commercialisation

La phase de développement va consister entre autres à la diffusion des plans des différents composants, la commande des outillages, l'étude des moyens de montage (par le service des Méthodes), la commande des pièces types, les essais de montage du produit et les préséries.
En termes d'éco-conception, l'intégration de la donnée environnementale va s'opérer de la manière suivante :

4.2.7.1. Développement / industrialisation

Il va s'agir de réduire les impacts environnementaux potentiels des procédés de fabrication, d'optimiser la logistique (système de distribution notamment) et d'améliorer le comportement environnemental des fournisseurs : ajout d'un paragraphe environnement à respecter dans le cahier des charges envoyé aux fournisseurs, lequel contribue une fois de plus [65] à les sensibiliser à l'environnement et progressivement les contraindre à prendre en compte cette donnée dans leurs activités.

Il se peut que l'on constate, en cours d'industrialisation, des écarts inattendus avec les objectifs en conception, des problèmes environnementaux non envisagés, … Il faut alors dans ce cas songer à une action de correction rétroactive sur le processus de création (en phase de conception préliminaire ou détaillée principalement).

[65] Les fournisseurs sont sensibilisés à l'environnement par les acheteurs lors de consultations (en début de conception).

4.2.7.2. Commercialisation

Le produit fabriqué est introduit sur le marché. Il va s'agir d'aider le service marketing et les agents commerciaux à communiquer sur les caractéristiques environnementales du produit, via des argumentaires[66], des chiffres-clés (les résultats de l'étude environnementale du produit en fin de conception par exemple), des supports ad hoc de communication et ce en fonction du marché visé.

4.2.8. Retours d'expérience

Nous avons souhaité prendre en compte cette étape dans notre modèle de processus puisque effectivement ces retours après commercialisation du produit, au cours de sa vie, voire en fin de vie, sont essentiels en matière d'amélioration.
Nous évoquions plus haut la possibilité d'évaluer les impacts réels du produit sur l'environnement et de mesurer l'écart avec ceux qui avaient été supposés au cours du processus de conception. Cette étude peut alors permettre de rectifier un produit ou prévoir une amélioration sur un projet de reconception futur (une nouvelle version de produit par exemple).

Concrètement, ce retour d'expérience peut se faire par l'intermédiaire des commerciaux, des services marketing, qualité ou après-vente (s'il en est un), qui centralisent les remarques, requêtes et mécontentements des clients ou des acteurs "fin de vie".

Pour résumer les paragraphes précédents, le schéma synoptique du déroulement du processus d'éco-conception que nous proposons est représenté sur la figure 18 de la page suivante.

[66] Arguments marketing "verts": Aucune réglementation ne concerne à ce jour des règles de marketing vert, cependant de plus en plus de normes internes se développent au sein des entreprises pour introduire des règles générales de communication (exemple : "*Philips Environmental Communication Guidelines*" (1995), contenant les "Do's" et "Don'ts" en matière d'argumentaire).
A noter que le **BVP** (Bureau de Vérification de la Publicité) a édicté en mars 1990 des règles sur les arguments écologiques, lesquelles n'ont toutefois pas de valeur légale puisqu'elles reposent sur l'adhésion des professionnels et des publicitaires, soucieux de pratiquer une autodiscipline destinée à éviter le rejet par le public de tout argument écologique de vente. Les 14 règles édictées visent à une bonne application des principes législatifs d'interdiction de la publicité de nature à induire en erreur les consommateurs, de prohibition des actes de concurrence déloyale ou de dénigrement.

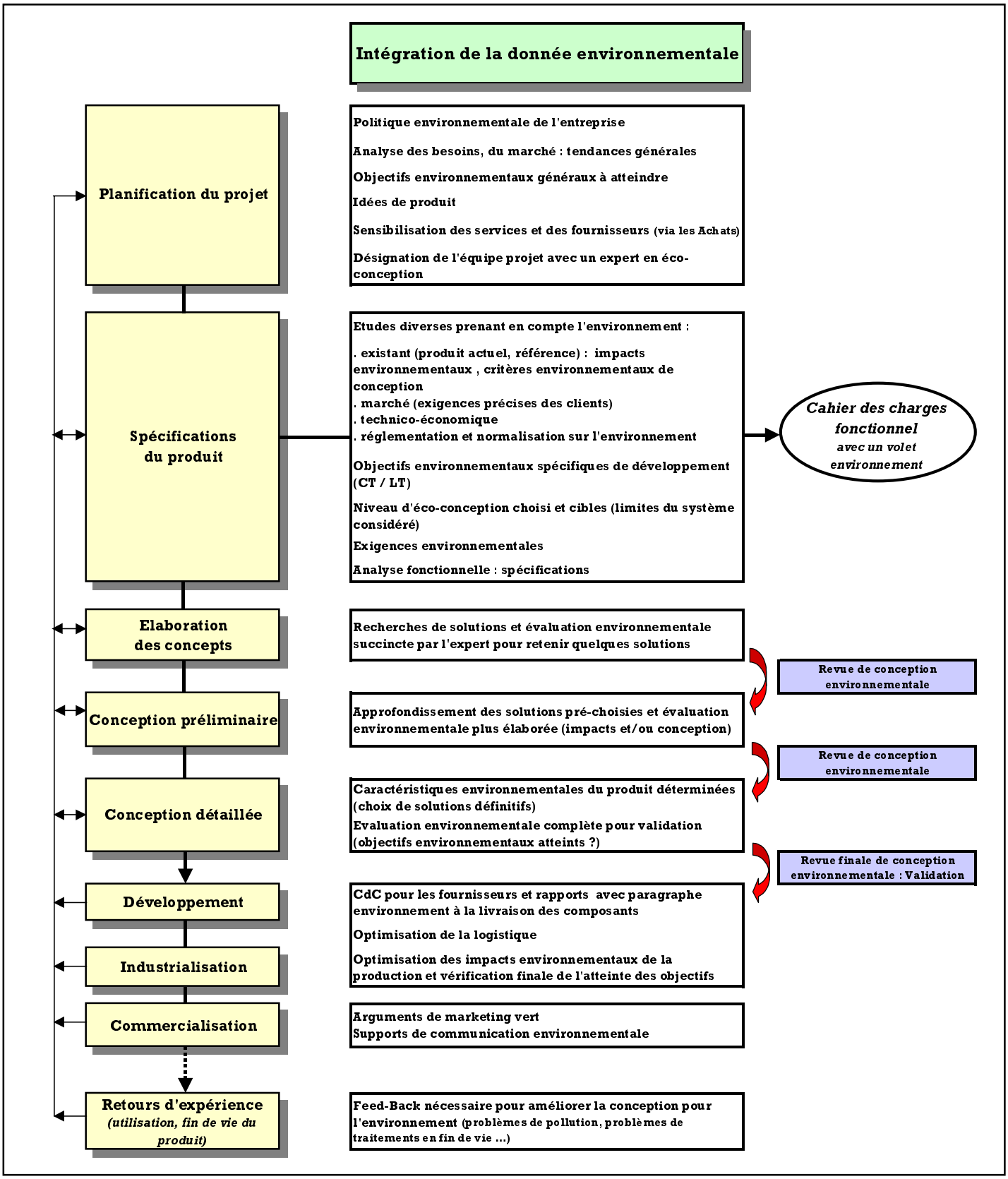


Figure 18 : Processus d'éco-conception : Intégration de la donnée environnementale dans le processus de conception "classique".

Enfin la **check-list** ci-après rappelle brièvement les premières étapes d'un projet [CHARTER *et al.* 96] :

I. Engagement de la Direction
II. Choix du projet
III. Constitution d'une équipe projet et désignation d'un expert en éco-conception
IV. Création d'un budget alloué au projet
V. Etudes de Marché et de Benchmarking
VI. Eco-revue de l'existant (analyse, évaluation environnementale)
VII. Politique en matière d'éco-conception et objectifs de développement
VIII. Elaboration d'une stratégie d'éco-conception (axes) pour atteindre les objectifs
IX. Elaboration d'un programme de travail avec un planning et la désignation des responsabilités de chacun des membres de l'équipe (planning à court, moyen ou long terme selon la définition de la politique)
X. Constitution d'une check-list pour le développement d'un éco-produit

4.3. Les cinq tâches essentielles d'un projet d'éco-conception

D'après l'équipe américaine du professeur J. Ehrenfeld, ayant collaboré avec la société Digital Equipment Corporation à l'élaboration d'un guide pour aider l'entreprise à intégrer les concepts de DfE, leur expérience a montré qu'il faut voir cinq tâches essentielles dans l'accomplissement d'un projet d'éco-conception [EHRENFELD 97] :

- **Enquête : Le contexte**

Avant le démarrage du projet proprement dit, il s'agit de "s'imprégner" de la démarche de conception classique suivie, de connaître son marché et ses concurrents et d'identifier les sensibilités environnementales des acteurs concernés (pour adapter des séances d'informations, de formations et les systèmes d'incitations). Enfin il importe d'évaluer les compétences des uns et des autres pour savoir si une nécessité de ressources supplémentaires s'impose (consultant externe par exemple).

Mesures : Les opportunités et bénéfices économiques

Ces mesures vont permettre en début de projet de savoir ce qu'il faut ou faudrait faire, par rapport aux produits actuels et ce en prenant en compte l'évolution de la réglementation, ce que font les proches concurrents identifiés (positionnement sur le marché, produits eux-mêmes) et ce qu'on peut espérer comme bénéfices en termes économiques, marketing, d'image de marque …

Motivation du personnel

C'est l'une des tâches les plus importantes car une bonne organisation et de bons outils n'auront aucun effet si le personnel impliqué ne se sent pas concerné, suffisamment informé, guidé et incité. Il a besoin de connaître les enjeux de l'éco-conception pour s'investir. Des réunions de sensibilisation ne suffisent pas, il lui faut du concret (objectifs clairs et précis), des exemples et participer à des groupes de travail. Nous verrons, dans la partie 3, le point de vue sur le terrain des concepteurs, les principaux acteurs concernés.

Mise en œuvre

L'équipe projet constituée, éventuellement aidée d'un expert, des objectifs environnementaux établis, il va s'agir de dérouler le processus de création de produit. L'intégration de la donnée environnementale sera aidée par l'emploi d'outils adaptés à l'entreprise et au processus.

Diffusion de l'approche d'éco-conception à travers l'organisation

Cette diffusion est destinée à l'appropriation complète de l'éco-conception par les équipes projet. Par un processus d'apprentissage consistant à intégrer l'environnement par incrément dans le processus de conception, la démarche enrichie des retours d'expériences, deviendra de plus en plus "naturelle" pour les équipes, comme ce fut le cas pour l'intégration de la qualité.

La figure 19 suivante illustre de manière synthétique le contenu de ces cinq tâches essentielles.

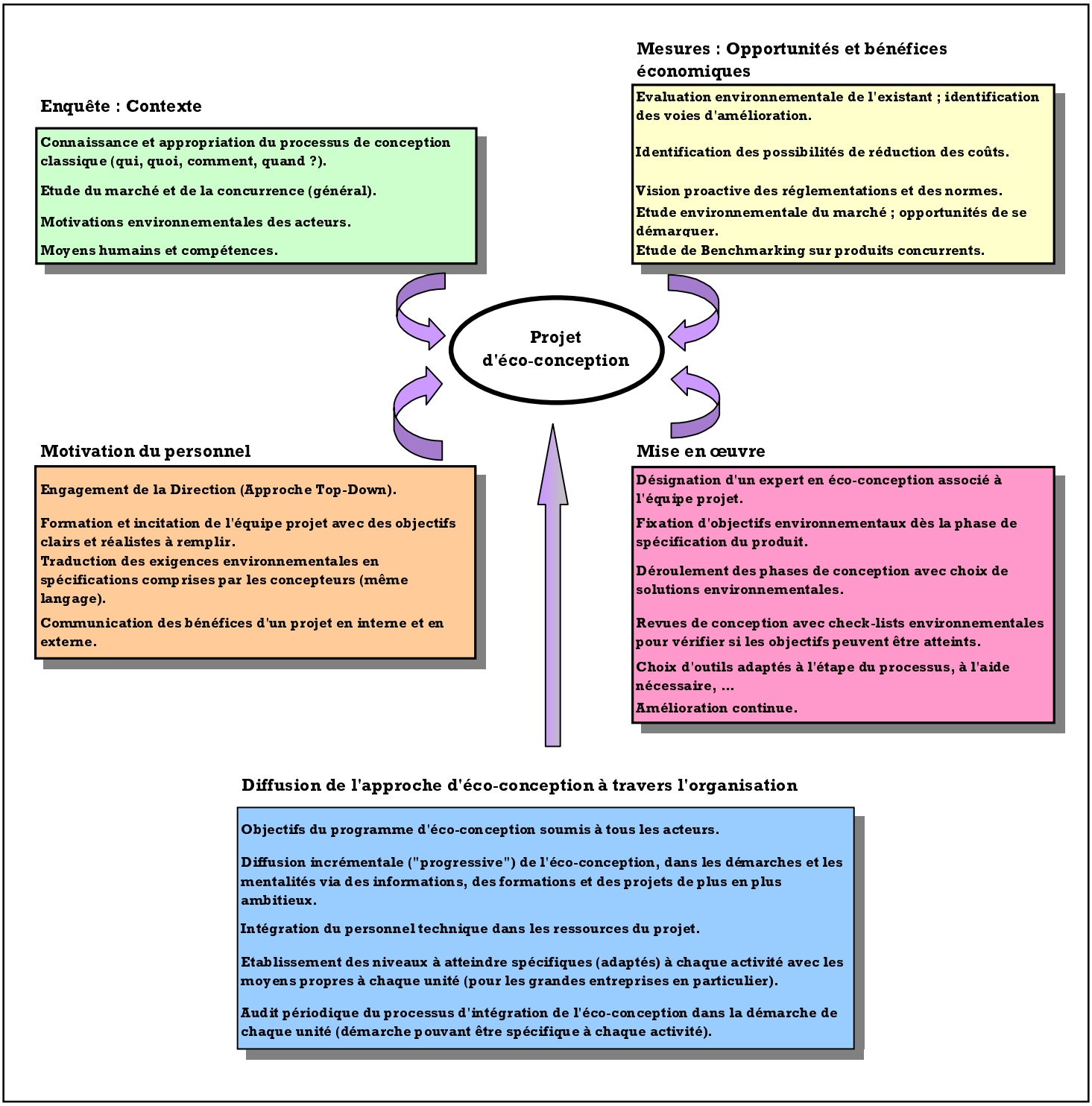


Figure 19 : Cinq tâches essentielles pour l'intégration de l'éco-conception dans l'entreprise.

4.4. Un exemple de processus d'éco-conception : un scénario proposé par Philips

Le scénario d'un projet pilote d'éco-conception propre à Philips-Groupe suit le cheminement décrit ci-après.

Nous noterons qu'il s'agit d'un projet pilote recommandé pour initier une approche d'éco-conception dans l'entreprise. C'est en effet un scénario d'amélioration incrémentale (niveau 1) moins ambitieux qu'un scénario de reconception (niveau 2) ou d'innovation (niveau 3). Comme nous l'évoquions dans le paragraphe relatif à la dimension cognitive, ce projet va permettre d'aguerrir l'équipe à la démarche d'éco-conception, lui permettant par la suite d'élaborer des projets plus ambitieux.

Projet d'amélioration chez Philips

Etape 1 : *Préparation et initiation du projet*

- Choix d'un produit de référence dans lequel des améliorations environnementales sont à réaliser. Elles dépendent des objectifs fixés par Philips.
- Collecte du maximum d'informations sur le produit référence.
- Transfert de ces informations au chef de projet interne.
- Constitution de l'équipe projet puis formation à l'éco-conception (sensibilisation) et sur les outils d'évaluation.

Etape 2 : *Analyse environnementale et établissement des priorités*

- Analyse environnementale détaillée du produit de référence.
- Identification des impacts significatifs sur l'environnement et classification des exigences d'amélioration. Ces exigences seront la préoccupation principale pour tout le reste du processus de conception.

Etape 3 : *Génération d'options d'amélioration*

- Séances de brainstorming permettant d'établir diverses options d'amélioration environnementale. Ces options relativement simples sont choisies en fonction de la politique environnementale de Philips et des opportunités de marché qu'elles peuvent représenter.

- Les diverses alternatives de conception sont alors "grossièrement" évaluées de la manière suivante :

  - Quel est la différence d'impact environnemental du cycle de vie par rapport à celui du produit de référence ?

- Quel est l'impact économique en terme de coût de "propriété" c'est-à-dire le prix d'achat, les coûts d'utilisation et les dépenses en fin de vie ?
- Quels sont les bénéfices escomptés pour le client ou consommateur en terme de fonctionnalité c'est-à-dire de facilité à l'emploi, de résistance, d'attrait et de fonctions ?

Etape 4 : *Intégration des options d'améliorations dans le PCP*[67]

– Choix définitif des options à inclure dans le processus de conception du produit. Ce choix sera effectué selon un processus itératif à travers les différentes étapes du PCP (conceptions "conceptuelle", préliminaire et détaillée) où les caractéristiques environnementales, fonctionnelles et économiques sont mises en balance en essayant de respecter les exigences environnementales établies.

Etape 5 : *Détermination et évaluation du choix de conception définitif*

– Analyse environnementale finale pour établir les caractéristiques environnementales définitives du produit parmi toutes les autres caractéristiques.
– Toutes les exigences environnementales précédemment établies ne sont probablement pas satisfaites mais dans le contexte de contraintes économiques et fonctionnelles, le meilleur compromis doit être trouvé.
Les exigences non prises en compte serviront de base pour un futur projet dans le cadre d'une amélioration continue.

Etape 6 : *Revue = Evaluation des résultats*

– Les résultats du projet pilote peuvent être utilisés pour intégrer des pratiques d'éco-conception dans le PCP et mettre à jour les procédures de conception habituelles.

Source : *Herman Meinders, "Point of no return", Philips EcoDesign guidelines, 1997, pp. 39-40.*

4.5. Les facteurs de réussite

D'après plusieurs études sur le contexte organisationnel de l'approche d'éco-conception [Mc ALOONE *et al*. 96a,b], [EHRENFELD *et al.* 97], il ressort que les principaux facteurs de réussite sont :

La motivation du Groupe et de la Direction d'entreprise :
Elle est primordiale dans l'adoption d'une approche d'éco-conception. Une approche organisationnelle top-down est en effet incontournable : la Direction étant fortement

[67] PCP : Product Creation Process ou Procédure de Création de Produit, chez Philips.

sensibilisée et impliquée, elle confère une sorte d'éco-culture à l'ensemble du personnel ainsi motivé. Les équipes projet doivent ressentir cette motivation et bénéficier d'un soutien de poids.

- **La déclinaison des engagements de la Direction en objectifs concrets pour les concepteurs** :
  Les objectifs de développement choisis par la Direction vont être traduits en spécifications dans le cahier des charges fourni par le service Marketing.

- **Le travail d'équipe** :
  La notion d'équipe projet pluridisciplinaire regroupant un membre de chaque département, voire même des partenaires externes (fournisseurs, recycleurs), pouvant apporter ses connaissances et son expérience au service du projet, est fondamentale. Nous le verrons dans le chapitre suivant sur les outils, l'organisation en ingénierie concourante est préconisée pour travailler dans de tels projets.

- **L'appropriation des mécanismes classiques de conception** :
  Il est nécessaire de bien prendre en compte les pratiques de l'équipe pour savoir qui doit, où et comment agir.

- **La nécessité d'incitations, de suivi des actions et de communication** :
  Les membres de l'équipe projet ont en particulier besoin d'être motivés par des références, par des exemples de projets qui ont réussi [BAKKER 95]. Ils seront d'autre part plus partie prenante dans les projets si les résultats des précédents leur sont communiqués en terme d'image de marque améliorée, d'accroissement des ventes mais aussi de problèmes mineurs à résoudre. L'objectif de progression dans l'éco-conception est avant tout l'amélioration continue.

- **La mise en place de formations et d'outils pragmatiques et pédagogiques adaptés** :
  Les membres des équipes projet vont devoir être sensibilisés à la préoccupation environnementale dans leur tâche quotidienne et utiliser des outils simples, faciles à saisir et efficaces.

- **L'aide d'un expert en éco-conception pour aider les concepteurs dans leur travail** :
  Un expert opérationnel impliqué dans les équipes projet est certainement un bon moyen de réussir, sa présence ne devant cependant pas dispenser les autres membres des connaissances environnementales essentielles. L'expert doit être disponible et bien au fait des problématiques à résoudre. Son enthousiasme, son savoir-faire qu'il doit pouvoir transmettre et son habileté à donner des directives et des conseils à l'équipe sont autant d'atouts pour un meilleur déroulement du projet.

En définitive, l'approche d'éco-conception doit être **globale**, **structurée** et avant tout très **pragmatique**.

4.6. Les risques d'échec

Les principaux obstacles qui risquent potentiellement de freiner l'éco-développement d'un produit, voire même de conduire à l'échec sont les suivants [RAM *et al.* 98], [BHAMRA *et al.* 97] :

- **Le manque de savoir-faire et de connaissances sur l'environnement** de la part du personnel impliqué dans le projet. Il manque aussi trop souvent des outils, des procédures et des interlocuteurs ayant les réponses aux nombreuses questions.

- **De très nombreuses incertitudes** liées à la temporalité des phénomènes (quelle vision adopter et comment prévoir l'avenir ?), au grand nombre d'acteurs concernés (qui impliquer dans l'entreprise et à l'extérieur ?), aux techniques à mettre en place (quelles techniques de traitement, par exemple, existeront à court terme, à long terme ?), à l'évolution très rapide de la réglementation …[TIGER *et al.* 98].

- **Une incompréhension de certains enjeux**, comme le respect de la réglementation ou la réduction des coûts en interne et des opportunités concurrentielles ou une amélioration de l'image de marque de l'entreprise en externe.

- **Aucune méthode consensuelle d'évaluation environnementale des produits** n'existe réellement. Nous le verrons dans le chapitre suivant sur les outils, il existe une multitude d'outils et méthodes permettant d'évaluer les impacts environnementaux des produits ; comment alors être convaincu d'utiliser telle ou telle méthode pour évaluer ses produits (s'il en est une qui convient le mieux) et se persuader que cette méthode est suffisamment fiable pour permettre de fixer des objectifs d'amélioration basés sur les résultats d'étude ?

- **Peu de normes existent encore sur ce sujet**, comme le fascicule documentaire FD X 30-310[68] et les possibilités d'interprétation des textes sont nombreuses donc parfois peu encourageantes.

[68] FD X 30-310 : Le groupe de travail sur l'internationalisation de ce fascicule documentaire (ISO) vient d'être constitué ; les premières réunions internationales ont eu lieu courant Janvier 2000.

- **La prise en compte du critère "environnement" est encore bien souvent considérée comme contraire aux objectifs économiques** ; la notion de durabilité des produits est ainsi opposée à la logique commerciale.

D'après H-J. Bullinger, les principaux problèmes ainsi rencontrés par une équipe de conception sont les suivants [BULLINGER *et al.* 94] :

En interne	
Matériaux	▪ Insuffisance de données environnementales sur les matières premières et les matériaux recyclés
Procédés	▪ Manque ou insuffisance d'informations sur les procédés de désassemblage, de recyclage et de fin de vie
Produit	▪ Reconception orientée environnement impossible ▪ Spécifications strictes du client ▪ Degré de liberté du concepteur très faible ▪ Suppression de substances toxiques impossible
Coûts	▪ Accroissement des coûts dû aux mesures de protection environnementale
Organisation	▪ Adaptation difficile des procédés et des structures du département de conception ▪ Manque de normes et de guidelines (cf partie 2)
Méthodes	▪ Manque de méthodes d'évaluation et d'outils ▪ Pas de lien avec la CAO et les bases de données (classiques) ▪ Aucune règle établie

.../...

En externe	
Marché	▪ Possibilité d'une réduction des ventes due aux prix plus élevés des produits verts
Economie environnementale	▪ Manque ou insuffisance de structures économiques pour des activités de recyclage efficaces ▪ Pas de boucle des matériaux (économie du recyclage)
Réglementation et politique	▪ Manque ou insuffisance de structure législative ou politique ▪ Manque de coopération internationale
"Futur"	▪ Difficulté de prévoir les futurs développements des marchés et des technologies

Tableau 19 : Problèmes rencontrés par les équipes de conception = risques de compromission du projet.

Source : *Hans-Jörg Bullinger," Methods and Tools to Support Design for Recycling", publication au congrès CIRP, RECY'94, Erlangen (Allemagne), 1994.*

Nous verrons dans la partie 3 consacrée à nos travaux de terrain que ces constats sur les facteurs de réussite et risques d'échec d'un projet d'éco-conception corroborent notre expérience de la réalité industrielle.

CONCLUSION

L'objectif de cette partie était de présenter d'une manière la plus globale possible les enjeux de l'éco-conception pour une entreprise, les modes d'organisation de celle-ci face à cette nouvelle approche et comment pouvaient s'insérer les données environnementales dans un processus de conception "classique".

Cette approche n'est pas des plus simples puisque la dimension environnementale est complexe et les équipes projet en butte à de multiples interrogations liées à de nombreuses incertitudes environnementales. Nous avons vu qu'une approche méthodologique s'imposait pour aider les chefs de projet dans leur démarche ; nous avons donc proposé un modèle de démarche d'éco-conception.

Chaque entreprise, pionnière dans ce domaine, a développé sa propre démarche et sa propre organisation, cependant des tentatives d'harmonisation des démarches sont actuellement initiées au niveau de la Communauté Européenne. Un nouveau concept est ainsi né : l'**IPP** - ***Integrated Product Policy***. Il s'inspire en fait fortement des approches

nationales dites EPP - Environmental Product Policy - déjà mises en place à ce jour dans plusieurs pays comme l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark, les Pays-Bas et la Suède [CHARTER *et al.* 99].
L'IPP est défini par la DG XI comme « une politique publique destinée à - ou appropriée pour - une **amélioration continue** des performances environnementales des produits ou des services à travers une **approche cycle de vie** ». La particularité de ce concept est donc d'être non seulement basée sur les produits mais également **les services** qui leur sont associés et ce pour répondre à l'évolution des préoccupations environnementales à la fois des entreprises, des associations et des autorités publiques. Il implique également l'ensemble des acteurs de la chaîne du produit (cycle de vie complet) et en particulier les fournisseurs (notion de *Supply Chain Management*).

Par ailleurs d'autres approches, comme aux Pays-Bas, consacrent le concept de système de management de l'environnement orienté produit (**POEMS** : Product-Oriented Environmental Management System), lequel est axé sur l'amélioration continue de l'éco-efficacité des produits sur leur cycle de vie, et ce à travers l'intégration systématique de l'éco-conception dans les stratégies et les pratiques de l'entreprise [ROCHA *et al.* 99]. Ce point sera réévoqué en conclusion générale.

Quoi qu'il en soit, pour réussir un projet d'éco-conception, une équipe doit être bien organisée certes mais doit aussi disposer d'un panel d'outils adaptés. Ils devront être convenablement mis en situation dans l'entreprise et utilisés par le bon acteur disposant des informations et connaissances nécessaires et suffisantes.
Mais quels sont les types d'outils disponibles ? Nous allons le voir dans la partie suivante consacrée précisément aux outils d'éco-conception.

PARTIE 2 : LES OUTILS D'ECO-CONCEPTION : UNE AIDE OPERATIONNELLE POUR L'ENTREPRISE ?

SOMMAIRE

INTRODUCTION **147**

1. OUTILS D'ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES PRODUITS : UN MOYEN D'ÉTABLIR UN "ÉCO-PROFIL" **149**

1.1. EVALUATION À DOMINANTE QUANTITATIVE **149**

1.1.1. Analyse de Cycle de Vie 151

1.1.2. Analyse de Cycle de Vie simplifiée 157

1.1.3. Méthode des éco-indicateurs 161

1.1.4. MIPS : Material Intensity per Service Unit 164

1.1.5. Evaluation des coûts du cycle de vie 165

1.1.6. Points de vue sur les outils d'évaluation à dominante quantitative 168

1.2. EVALUATION À DOMINANTE QUALITATIVE **170**

1.2.1. Approches matricielles 172

1.2.2. Evaluation basée sur la réglementation 174

1.2.3. Indice écologique 175

1.2.4. Eco-compass 177

1.2.5. Check-lists 178

1.2.6. Listes de matériaux 181

1.2.7. Points de vue sur les outils d'évaluation à dominante qualitative 184

1.3. CONCLUSION **185**

2. OUTILS D'AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE DES PRODUITS **186**

2.1. NORMES **188**

2.1.1. Normes consensuelles 188

2.1.2. Normes internes aux entreprises 189

2.2. LISTES 190
2.2.1. Guidelines & Check-lists 190
2.2.2. Listes de matériaux 194
2.2.3. Approches d'écolabellisation 194
2.3. GUIDES 195
2.3.1. Guides généraux 195
2.3.2. Guides internes 199
2.4. APPROCHES INFORMATISÉES : LES LOGICIELS 200
2.4.1. A chaque logiciel, sa spécificité 200
2.4.2. Les logiciels : des outils adaptés au monde industriel ? 210
2.5. OUTILS ORGANISATIONNELS 212
2.5.1. Analyse de la Valeur 213
2.5.2. Ingénierie Concourante 215
2.6. D'AUTRES OUTILS ENCORE... 216
2.6.1. Diagramme en arête de poisson inversée 216
2.6.2. Plan de Recyclabilité 218
2.7. POINTS DE VUE SUR LES PRINCIPAUX OUTILS D'AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE DES PRODUITS 218
2.8. CONCLUSION 220

3. LES OUTILS STRATÉGIQUES 224

3.1. MATRICE ECO-PORTFOLIO 224
3.2. ROUE DES STRATÉGIES D'ECO-CONCEPTION 227

4. LES OUTILS DE SENSIBILISATION 228

4.1. ECOREDESIGN TOOL KIT 228
4.2. ECO KNOW HOW 228
4.3. ECO-QUEST 229

5. LES OUTILS DE COMMUNICATION 230

5.1. DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE DE PRODUIT 231
5.2. ECMA TR/70 "PRODUCT-RELATED ENVIRONMENTAL ATTRIBUTES" 233
5.3. ROUE DES STRATÉGIES D'ECO-CONCEPTION 234
5.4. RAPPORT ENVIRONNEMENT 235

6. LES OUTILS DANS UN PROCESSUS D'ÉCO-CONCEPTION 236

6.1. L'EMPLOI DES OUTILS À TRAVERS LES ÉTAPES DU PROCESSUS D'ÉCO-CONCEPTION 236
6.2. LE CHOIX DE L'OUTIL ET DE SON UTILISATEUR 242

7. LES OUTILS DANS UN SYSTÈME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL . 245

CONCLUSION 248

INTRODUCTION

Après un chapitre qui nous a permis de mieux situer notre niveau de recherche dans le domaine de la conception pour l'environnement et de définir les trois dimensions, stratégique, organisationnelle et cognitive de l'éco-conception, nous abordons dans cette partie les outils nécessaires aux entreprises pour contribuer à la réussite d'un tel projet.
Il a été précédemment évoqué l'existence d'une multitude d'outils développés par des équipes de recherche universitaires ou industrielles, ***pour la plupart étrangères***[1], pour aider les entreprises à intégrer les données environnementales dans le processus de développement des produits. Une partie de nos travaux a consisté à recenser quelques uns de ces nombreux outils[2], étudiés plus à fond pour ceux que nous avons pu nous procurer, et ce pour les comprendre, les caractériser, les critiquer. Chacun d'eux ayant sa propre spécificité et répondant à des besoins industriels différents, il s'est ensuite agi d'en établir une taxinomie afin de clarifier leurs divergences et essayer d'en déduire la manière dont les entreprises peuvent s'en saisir.
Nous insistons sur le fait qu'il ne s'agissait pas ici de débattre sur la pertinence des critères ou indicateurs retenus dans chacun des outils mais bien d'avoir une approche générale de leurs objectifs, de leur fonctionnement et du type d'aide qu'ils peuvent apporter à une équipe projet.

Plusieurs études sur les outils d'éco-conception ont déjà porté sur des essais de classification [KORTMAN *et al.* 95], [SWEATMAN *et al.* 96], [DE CALUWE 97], ..., où l'on distingue des outils d'analyse d'une part et des outils d'amélioration d'autre part.
Nous avons repris cette distinction pour montrer en fait deux grandes catégories d'outils [JANIN *et al.* 98, 99] :

- les outils permettant d'analyser les impacts environnementaux des produits, outils que nous avons qualifiés d'aide à l'établissement d'un "***éco-profil***" des produits,

et

- les outils permettant d'aider l'équipe de conception à trouver la "bonne voie" pour éco-concevoir, outils que nous avons qualifiés d'amélioration de la conception environnementale des produits.

---

[1] L'essentiel des équipes de recherche s'intéressant à l'éco-conception sont en effet étrangères (principaux pays concernés : Pays-Bas, Royaume-Uni, Allemagne, Suède, Suisse, Danemark, Etats-Unis, Canada, Australie) ; ceci montre l'énorme retard de la France et le chemin qu'il lui reste à parcourir vers un Développement Durable ...

[2] Beaucoup d'outils sont développés, mais nombre d'entre eux seulement développés en interne par des entreprises et ce pour répondre à leurs propres besoins. Les communications sur ces outils sont assez rares donc notre état de l'art concerne essentiellement les outils ayant fait l'objet de projets de recherche médiatisés, de publications dans les congrès ou encore pour certains développés par des entreprises collaborant avec notre Institut.

Les deux premiers paragraphes de ce chapitre seront consacrés au détail de chacune des catégories. Nous avons en particulier porté l'accent de notre état de l'art sur les points forts et faibles de ces outils dans une approche d'éco-conception.

A ce classement s'ajoutent d'autres types d'outils : stratégiques, de sensibilisation et de communication évoqués dans les troisième, quatrième et cinquième paragraphes.

Outre les études relatives aux caractéristiques fondamentales de l'ensemble de ces outils, d'autres recherches se sont axées sur la manière de les utiliser dans un projet d'éco-conception [SIMON *et al.* 98], et en particulier sur quel type d'outil utiliser à quelle étape du processus [KORTMAN *et al.* 95], sachant, d'après les travaux d'une équipe du MIT (USA), que l'on peut considérer trois dimensions pour caractériser un outil à utiliser dans le développement d'un éco-produit [LENOX *et al.* 97a] :

- ✔ l'étape du développement au cours de laquelle il peut être utilisé ; quatre grandes étapes peuvent être considérées : analyse des besoins, exigences et spécifications, conception du produit ou conception des process (= développement).

- ✔ la phase du cycle de vie du produit sur laquelle l'outil est focalisé : choix des matériaux, fabrication, utilisation ou fin de vie.

- ✔ son degré d'*aide à la décision* pour le produit : inventaire des flux, évaluation des impacts ou amélioration de la conception.

Le septième paragraphe abordera cette approche liant outils et processus d'éco-conception. Une telle approche est légitimée par le fait que les outils en eux-mêmes ne présentent aucune utilité s'ils ne sont pas d'une part mis en situation dans une organisation adéquate, dont nous avons parlé dans le chapitre précédent, et d'autre part employés à bon escient dans une ou plusieurs étapes de la démarche de développement, selon leurs caractéristiques.

Nous avons évoqué, dans l'introduction de ce mémoire, que la particularité de l'éco-conception est d'associer le développement de produits au management environnemental. Quelques équipes de recherche se sont penchées plus particulièrement sur cette approche en essayant d'imaginer quels outils pouvaient répondre aux exigences de chacune des étapes d'un Système de Management de l'Environnement, telles que la planification, la mise en œuvre et le fonctionnement, le contrôle et les actions correctives [SWEATMAN *et al.* 97]. Le dernier paragraphe sera donc consacré à ce lien outils / SME.

1. OUTILS D'EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES PRODUITS : UN MOYEN D'ETABLIR UN "ECO-PROFIL"

Ces outils sont destinés à établir un profil environnemental du produit en vue d'améliorer ses performances écologiques. Ils nécessitent une grande quantité d'informations sur le produit pour évaluer ses impacts sur l'environnement pour une ou plusieurs phases de son cycle de vie - extraction des matières premières, fabrication, distribution, utilisation, fin de vie, sans compter les étapes de transport – sur un ou plusieurs critères "écologiques" ou sur des critères de conception.
Les résultats des évaluations indiquent les points sensibles du produit étudié, points sur lesquels devra agir le concepteur. Ces outils peuvent être distingués selon qu'ils reposent sur des évaluations de type quantitatif ou de type qualitatif. On parlera d'évaluations à dominante quantitative ou qualitative.

1.1. Evaluation à dominante quantitative

Le tableau 1 suivant présente une liste non exhaustive des outils de cette catégorie. Ils sont pour la plupart d'une **approche cycle de vie**.

Outils d'évaluation à dominante quantitative		
Type d'outil	**Caractéristiques principales**	**Exemples / Références**
Analyse de Cycle de vie	**Evaluation écologique du produit par rapport à de multiples critères : dégradation de la couche d'ozone, acidification atmosphérique, effet de serre, ...** **<u>Plusieurs méthodes d'évaluation</u> : CML (Pays-Bas), EPS (Suède), Tellus (Etats-Unis), Volumes Critiques (Suisse), Ecopoints (Suisse), ...**	ACV : outil appliqué dans l'Industrie Automobile [SAUR *et al.* 96] "Fin de vie d'une peau de pare-chocs en polypropylène", PSA [LEBORGNE 98] "Prise en compte de l'environnement dans la conception d'une glacière" Camping Gaz [CLANET 96]
Analyse de Cycle de vie simplifiée		
Inventaire seul (écobilan)	**Inventaires des consommations et nuisances du produit**	Ecobilan de l'acier Inventaire particulier : Eco-profiles *of the European plastics industry,* PWMI (Belgique) [BOUSTEAD 93]
Analyse monocritère	**Evaluation des impacts d'un produit pour un seul critère**	Evaluation <u>particulière</u> : Contenu Energétique : Norme NF X30-110, [AFNOR 83]
Analyse focalisée sur certains points (qui nécessitent une étude approfondie)	**Evaluation succincte pour identifier les points défavorables du produit et focaliser son étude sur ces points (des problèmes environnementaux et des étapes du cycle de vie particuliers)**	Grille d'Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie, AFNOR (France) [AFNOR 98]
Méthode des éco-indicateurs	**Manipulation aisée d'indicateurs chiffrés représentant des résultats d'ACV**	Méthode Eco-Indicator95 (Pays-Bas) [GOEDKOOP 95 a,b]
MIPS (Material Input Per unit of Service)	**Evaluation de la "consommation d'environnement" d'un produit : consommation de matière par unité de service**	[SCHMIDT-BLEEK 94]
Analyse des coûts du cycle de vie complet	**Evaluation des coûts directs et indirects (environnementaux) engendrés par un produit du berceau à la tombe**	REDI Tool (Royaume-Uni) [WILLIAMS 96]

Tableau 1 : Liste des outils d'évaluation à dominante quantitative des impacts environnementaux d'un produit.

1.1.1. Analyse de Cycle de Vie

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est la méthode d'évaluation des impacts la plus reconnue au niveau international.
C'est en effet la seule méthode ayant fait l'objet de travaux de normalisation internationale : normes ISO 14040, 41, 42 et 43 [ISO 97], [ISO 98], [ISO 99a], [ISO 99b].

On peut parler d'une méthode de calculs des impacts, bien que beaucoup évoquent le terme générique d'"outil" d'aide à la décision. Dans les propos qui suivront nous emploierons donc ce terme d'outil pour désigner l'ACV.

C'est une approche dite approfondie dont l'objet est d'évaluer de façon systématique les impacts sur l'environnement liés à un produit ou à un service.
Bien qu'elle ne puisse échapper à certaines questions qualitatives, l'ACV est fondamentalement un outil quantitatif. Sa crédibilité tient au recueil, aussi précis et exhaustif que possible, de nombreuses données quantitatives.
Sa force réside dans sa capacité de modélisation : en faisant varier les paramètres, divers scénarios peuvent être étudiés.

La SETAC[3] décline l'ACV en quatre étapes [SETAC 93] :

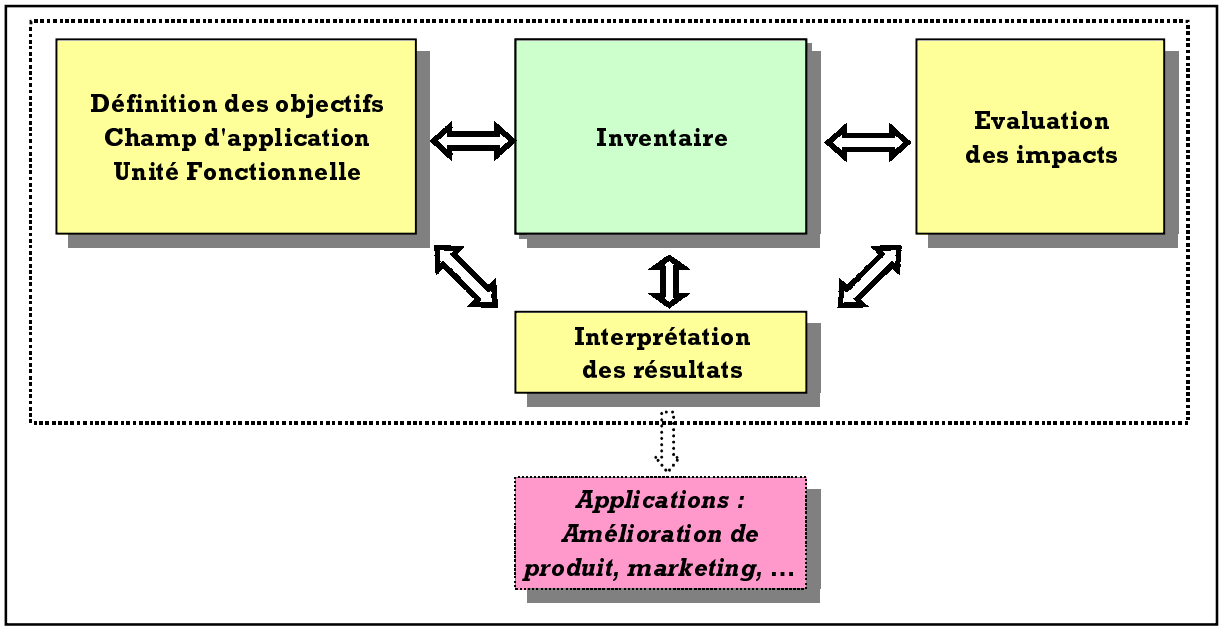


Figure 1 : Les différentes étapes de l'Analyse de Cycle de Vie.

[3] SETAC : Society of Environmental Toxicology and Chemistry ; association professionnelle fondée pour promouvoir l'utilisation d'une approche pluridisciplinaire dans la résolution des problèmes d'impacts environnementaux liés aux produits chimiques et aux technologies. Elle a fondé un groupe consultatif sur les ACV, dont l'objectif est de développer la méthodologie, sa pratique et son exploitation.

❶ *Objectifs, champ d'application et unité fonctionnelle*

Cette première phase est primordiale. C'est au travers d'elle que l'on fixe les limites de l'étude, la qualité des données nécessaires à sa réalisation et l'exploitation potentielle de son résultat.
Les objectifs doivent être définis de façon claire et précise. Il s'agit d'exposer les raisons qui motivent l'étude et l'exploitation potentielle qui en sera faite par son utilisateur.
Parmi ces utilisateurs, on trouvera des industriels, des autorités publiques, des organisations non gouvernementales ou bien encore des défenseurs de l'environnement [KHALIFA 99].

Pour un industriel, une ACV va lui permettre :

- ✔ de comparer des produits ayant le même usage,
- ✔ de comparer des matériaux génériques,
- ✔ de comparer différents procédés pour minimiser leurs impacts environnementaux,
- ✔ d'identifier l'origine des contributions les plus importantes aux impacts environnementaux dans le cycle de vie du système étudié,
- ✔ d'aider à identifier les voies d'amélioration environnementale des produits,
- ✔ d'informer les consommateurs sur les caractéristiques environnementales des produits,
- ✔ d'aider à définir une stratégie à long terme,
- ✔ d'améliorer la compétitivité de son entreprise.

Pour un décideur public, une ACV va lui permettre :

- ✔ de fixer certaines normes relatives aux produits,
- ✔ de mettre en place des programmes de labellisation des produits,
- ✔ d'évaluer les déclarations faites par les industriels,
- ✔ de mettre en place une politique de long terme relative à la réduction des impacts et à la conservation des ressources naturelles,
- ✔ de comparer des choix politiques,
- ✔ d'identifier des manques de connaissances et de définir des axes de recherche.

Le choix du champ d'application de l'étude est totalement arbitraire. Les limites à définir quant au choix des flux élémentaires retenus (inputs et outputs) pour les calculs, vont permettre de rendre l'étude réalisable en évitant d'y intégrer l'ensemble du système industriel et social. Ces frontières ne sont pas toujours aisées

à placer. En général le système étudié est constitué des opérations strictement nécessaires pour assurer la ou les fonctions qui conditionnent l'unité fonctionnelle.
Dans le système délimité par des frontières, lequel est appelé technosphère [KHALIFA 99], on va distinguer les flux entrants ou ressources naturelles énergétiques et non énergétiques, des flux sortants ou rejets dans l'environnement (pollutions).

L'unité fonctionnelle, enfin, est la caractéristique même du produit, procédé ou service étudié à laquelle est ramené l'ensemble des flux recensés. Cette unité spécifie la fonction du produit considéré ou le service rendu.

❷ ***Inventaire***

C'est le bilan quantitatif des flux entrants et sortants du système délimité par des frontières (produit) ; ces flux sont listés et classés la plupart du temps selon cinq facteurs d'impact : consommations de matières premières et d'énergie, rejets atmosphériques et aqueux, déchets solides.

❸ ***Evaluation des impacts***

Il va s'agir de classer les flux par critère environnemental (qualitatif : appauvrissement de la couche d'ozone, effet de serre, acidification de l'atmosphère, consommation d'énergie, épuisement des ressources naturelles, production de déchets, eutrophisation de l'eau, ...), puis de caractériser (quantification de la contribution des flux à chacun des critères ou catégories d'impact), de normaliser et d'évaluer à l'aide d'indicateurs les impacts environnementaux associés à ces flux.

A noter que l'étape de normalisation est facultative ; elle va permettre de déterminer la contribution du système à l'impact global au niveau de l'Europe. L'objectif est de rendre sans dimension les valeurs des contributions du système aux différents impacts, afin de faciliter leur comparaison.

❹ ***Interprétation des résultats de l'ACV***

Cette dernière étape est destinée à interpréter les résultats obtenus en comparaison avec les objectifs fixés en début d'étude, pour permettre ensuite d'identifier des options de réduction des impacts environnementaux du produit analysé.
Un consensus général est en passe d'être établi et fera très prochainement l'objet d'une normalisation (norme ISO 14043) [ISO 99b].

L'Analyse de Cycle de Vie multiphase (qui concerne toutes les phases du cycle de vie) et multicritère s'applique sur un produit ou procédé. Par essence, elle constitue un outil

comparatif avec un système de référence nécessaire puisque ses résultats n'ont aucune signification dans l'absolu. Il va donc s'agir de comparer :

- Un produit ou un procédé nouveau par rapport à son prédécesseur
- Un produit ou un procédé par rapport à son concurrent
- Un produit ou un procédé par rapport à des objectifs précis (cf plus haut)

Pour réaliser une ACV complète et pertinente, des informations pointues sont nécessaires aux calculs. L'accent est alors beaucoup porté sur la qualité des données utilisées, en grande partie responsable de la fiabilité des résultats obtenus [BLANC *et al.* 99].

Il existe donc de multiples bases de données développées à travers le monde, dont quelques unes sont reprises dans le tableau 2 ci-après :

Nom	Origine	Forme	Type de données
IdeMat	**Delft University of Technology** (Pays-Bas)	Logiciel	Données techniques et environnementales sur matériaux et procédés
ECO-PROFILES ***(of the European plastics industry)***	**APME** (Association of Plastics Manufacturers in Europe) (Belgique) **PWMI** (Plastics Waste Management Institute) (Belgique)	Rapport (1 par plastique : PP, PE, PS, …)	Production d' 1kg de plastique : Flux de matières, d'énergie, rejets dans l'eau, dans l'air et déchets
Ecobalance of packaging materials	**BUWAL** (Swiss Federal Office of Environment, Forests and Landscape) (Suisse)	Rapports n°132 (1990) n°250 (1995)	Ecobilan de matériaux d'emballages
Life cycle analysis of selected packaging materials	**Chalmers Industriteknik** (Suède)	Rapport (1991)	Ecobilan de matériaux d'emballages
Ökoinventare von Energiesystemen	**ETH Zürich** (Suisse)	Rapport (1994)	Systèmes d'énergie

Tableau 2 : Quelques bases de données nécessaires à la réalisation d'ACV.

Il existe diverses méthodes de calculs des impacts qui différent les unes des autres par la phase d'évaluation. On pourrait notamment citer les méthodes CML (Pays-Bas), EPS (Suède), Tellus (Etats-Unis), des volumes critiques ou encore des écopoints (Suisse)

[SIDOROFF 96], [KHALIFA 99], méthodes que nous ne détaillerons pas ici puisque ce n'est pas l'objet de notre propos.

De nombreux logiciels d'ACV développés dans le monde sont basés sur ces différentes voies d'évaluation. Le tableau 3 suivant présente une liste non exhaustive de ces logiciels d'ACV [ALTING *et al.* 95] & [MENKE *et al.* 96].

N°	Outil	Développé par	Pays	Type d'outil	Utilisé pour des produits complexes	Evaluation des impacts	Base de données disponible
1	**CLEAN**	EPRI (Electric Power Research Institute)	USA	Quantitatif	?		X
2	**CUMPAN**	Hohenheim Universität / Daimler-Benz	D	Quantitatif	X	X	X
3	**ECO-it**	PRé Consultants	NL	Quantitatif	X	X	X
4	**Eco-Pro**	EMPA	CH	Quantitatif	?	X	X
5	**EcoAssessor**	PIRA International	UK	Quantitatif	?	X	X
6	**EcoManager**	Franklin Associates. Ltd. / PIRA International	USA	Quantitatif	X		X
7	**ECONTROL**	Oekoscience	CH	Quantitatif	?	?	X
8	**EcoScan**	Turtle Bay	NL	Quantitatif	X	X	X
9	**EcoSys**	Sandia/DOE	USA	Quantitatif	?	?	X
10	**EDIP-tool**	Institute for Product Development	DK	Quantitatif	X	X	X
11	**EMIS**	Carbotech	CH	Quantitatif	?	?	X
12	**EPS-tool**	Swedish Environmental Research Institute (IVL)	S	Quantitatif	X	X	?
13	**EUKLID**	Fraunhofer Institute ILV (Munich)	D	Quantitatif	X		X
14	**GaBi**	Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP)	D	Quantitatif	X	X	X
15	**Heraklit**	Fraunhofer Institute	D	Quantitatif	?	?	X
16	**IDEA**	VTT	SF	Quantitatif	X	X	X
17	**KCL Eco**	The Finnish Pulp and Paper Inst.	SF	Quantitatif			X
18	**LCA inventory Tool (LCAiT)**	Chalmers Industriteknik	S	Quantitatif	X		X
19	**LCASys**	Philips / ORIGIN	NL	Quantitatif	?	?	X
20	**LIMS**	Chem Systems Inc.	USA	Quantitatif	X		X
21	**LMS Eco. inv. tool**	LMS Umweltsysteme	A	Quantitatif	?	?	X
21	**Matrix approach**	AT&T	USA	Semi-quantitatif	X		
23	**Oeko-Base**	Migros	CH	Quantitatif		X	X
24	**PEMS**	PIRA International	UK	Quantitatif	X	X	X
25	**PIA**	Instituut voor Toegepaste Milieu-Economie	NL	Quantitatif	X	X	X
26	**PIUSSOECOS**	PSI AG	D	Quantitatif	?	?	X
27	**PLA**	Visionik ApS	DK	Quantitatif	?	?	X
28	**Pre-LCA Tool**	Battelle/Digital	USA	Semi-quantitatif	X		
29	**REGIS**	Simum Gmbh	CH	Quantitatif	?	?	X
30	**REPAQ**	Franklin Associates. Ltd.	USA	Quantitatif	X		X
31	**SimaPro**	PRé Consultants	NL	Quantitatif	X	X	X
32	**SimaTool**	Leiden University	NL	Quantitatif	?	?	X
33	**Simbox**	EAWAG	CH	Quantitatif	?	?	X
34	**TEAM**	Ecobilan	F/USA	Quantitatif	X	X	X
35	**TEMIS**	Oko Institut	D	Quantitatif	?	X	X
36	**The BOUSTEAD Model**	Boustead Consulting	UK	Quantitatif	X		X

Tableau 3 : Liste de logiciels d'ACV existants ou en cours de développement.

Remarque : D'après le tableau 3, la plupart des logiciels d'ACV contiennent leur propre base de données comme DEAM, la base de donnée du logiciel TEAM (Ecobalance, UK).

Dans le cas des logiciels, on va parler d'une approche *intégrée* de l'ACV puisque les informations rassemblées sont rendues directement exploitables par son utilisateur : celui-ci entre ses données et le logiciel utilisé lui donne des résultats sous une forme standardisée, selon une représentation de type radar, tableau, courbe, …

Nombre d'entreprises s'intéressent à ces approches approfondies et surtout intégrées pour analyser puis améliorer leurs produits par rapport à l'environnement, et ce dans le secteur automobile (études chez PSA ou Renault) [LE BORGNE 98], le secteur électrique (EDF), et bien d'autres encore : étude chez Camping Gaz [CLANET 96], Monoprix, Procter & Gamble, …

Cependant la plupart du temps ces ACV ne sont pratiquées que par des organismes de grandes envergures, puisque l'étude complète demeure lourde (beaucoup d'informations à réunir et de calculs à effectuer) et coûteuse en ressources financières, humaines et temporelles [NAVARRO *et al.* 98], [CHEVALIER 99].

D'autre part ce type d'étude qui identifie, pour plusieurs critères écologiques choisis, les impacts environnementaux d'un produit sur l'ensemble de son cycle de vie, ne prend pas en compte :

- la dimension spatiale : il faudrait distinguer les pollutions locales du type pluies acides ou eutrophisation des eaux, des pollutions globales du type effet de serre ou destruction de la couche d'ozone.

- la dimension temporelle : il faudrait distinguer les visions à court, moyen ou long terme des impacts engendrés par certains flux et leurs conséquences sur la santé humaine, les écosystèmes, …

- les possibilités de réactions en chaîne entre rejets et les effets de synergie ou d'antagonisme pouvant minimiser ou accroître certains impacts.

L'ACV est de plus une approche purement écologique qui ne considère pas l'architecture même du produit avec le nombre de composants, de matériaux différents, de fixations liant les composants …, autant de critères pourtant plus évocateurs pour un concepteur. Les critères écologiques pris en compte par les ACV sont finalement mal reconnus par le

métier de la conception et les résultats de telles études pas forcément aisément exploitables en termes de voies d'amélioration vers une conception plus respectueuse de l'environnement.

Enfin, que dire des résultats comparatifs sur deux produits dont l'un par exemple est reconnu avoir plus d'impact sur l'effet de serre et le second davantage sur l'acidification atmosphérique, tout autre impact équivalent par ailleurs ? Comment peut-on conclure que l'un des produits est meilleur pour l'environnement ? Une hiérarchisation par une pondération subjective, donc contestable, basée sur une stratégie particulière d'entreprise ou un choix politique, puis une agrégation vont alors permettre de distinguer les produits.

Malgré ces écueils, des industriels désireux de connaître les impacts environnementaux de leurs produits, vont parfois se lancer dans des études ACV mais sans pour autant souhaiter atteindre un grand niveau de détail ou réaliser une étude globale. A une approche complète, ils préféreront une approche simplifiée.

1.1.2. Analyse de Cycle de Vie simplifiée

Cette approche simplifiée peut se décliner de plusieurs manières selon que l'on réduit davantage les frontières du système pour minimiser la quantité de données à collecter[4], qu'on limite les recherches approfondies de données ou que l'on combine données quantitatives et qualitatives. F. O'Connor évoque le terme d'approche ALCA (*Alternative* ou *Abridged Life Cycle Analysis*) [O'CONNOR 98].

Nous évoquerons donc les simplifications suivantes :

- Simplification en se limitant à la seule étape d'inventaire de la méthodologie (ou écobilan) ; cela va permettre, grâce à la liste des flux, d'identifier les opérations les plus polluantes.
  Une étude comme l'écobilan de l'acier pour emballage (Revue Magnetic, SOLLAC), par exemple, représente ainsi l'inventaire de l'ensemble des impacts engendrés par l'acier utilisé dans les emballages et ce depuis son extraction jusqu'à sa fin de vie.

  Les "**Eco-profiles**" de l'industrie européenne des plastiques, rédigés pour le compte du PWMI (European Centre for plastics in the Environment), sont quant à eux un

[4] Limite des frontières du système : dans le cas d'une ACV dans une entreprise, celle-ci peut limiter les recherches de données à celles concernant les activités, les acteurs sur lesquels elle a possibilité d'agir (qu'elle maîtrise). Une équipe américaine a ainsi développé le concept de « ***Sphère d'Influence*** » permettant aux PME de réaliser des ACV sur leurs produits [SONDEEN *et al.* 98].

exemple bien particulier de ces inventaires : ils fournissent en effet à l'utilisateur l'ensemble des consommations de matière, d'énergie, des émissions dans l'air, dans l'eau et de la production de déchets engendrées par la production d'1 kg de plastique (PET, PP, PS, PBT, ...). On dispose donc ici d'un inventaire des ponctions et rejets de la phase d'élaboration du produit.

- Simplification en se limitant à un seul critère : la consommation de ressources - matière ou énergie - , l'effet de serre, l'eutrophisation de l'eau, la présence de substances toxiques, ...
  Ce type d'approche monocritère est réalisée le plus souvent dans le cadre d'une stratégie particulière d'entreprise souhaitant réduire les impacts négatifs de ses produits sur l'effet de serre ou une politique de pays, comme la politique énergétique qui exige de toutes les activités une baisse des ponctions en ressources énergétiques.

  Le **contenu énergétique** est un exemple particulier d'outil d'évaluation basée sur une approche monocritère focalisée sur la fabrication d'un produit. Mis au point par le CEREN[5], il a fait l'objet de travaux de normalisation (norme NF X30-110[6], [AFNOR 83]).
  Pour un produit, il s'agit de comptabiliser toutes les énergies dépensées pour sa fabrication (y compris les énergies dépensées pour l'élaboration des matériaux constitutifs). L'outil se décline en trois étapes : description du procédé (que prend-on en compte ?), détermination des hypothèses de travail (coefficients de calcul choisis) et calcul du contenu énergétique.
  L'outil peut être utilisé en particulier pour mesurer l'énergie globale dépensée dans une filière de produit afin de déterminer le taux optimum de recyclage.

Les limites dont il est possible de faire état avec ces approches monocritères sont qu'il est bien délicat d'apprécier le comportement environnemental d'un produit évalué pour un seul critère et surtout de conclure sur les résultats de la comparaison de deux produits.
Dans le cas d'une approche énergétique, peut-on en effet raisonnablement conclure qu'un produit qui consomme peu d'énergie est un bon produit vis-à-vis de l'environnement ? En d'autres termes, existe-t-il par exemple une corrélation entre le contenu énergétique global (CE) d'un produit et ses désutilités environnementales (déchets, rejets, ...) ? Une étude de D. Millet a montré que cette corrélation entre le CE et trois indicateurs environnementaux (taux de déchets, taux de rejets dans l'air et

[5] CEREN : Le CEREN est un groupement d'intérêt économique rassemblant l'ADEME, Charbonnage de France, Electricité de France, Gaz de France, et l'Institut National de la statistique et des Etudes Economiques et l'Observatoire de L'Énergie.

[6] Norme X30-110 : Cette norme distingue le contenu énergétique global d'un produit du contenu énergétique simplifié. L'approche globale tient en effet aussi compte du capital énergétique du produit et des dépenses d'énergie liées aux opérations de stockage, de transport, de conditionnement et aux auxiliaires.

taux de rejets dans l'eau) reste faible et ne permet pas au concepteur d'en déduire les bons choix d'amélioration [MILLET 95]. Il n'en demeure pas moins qu'en raisonnant à matériau constant, la réduction du CE résultant d'une valorisation du matériau par recyclage est bien corrélée avec des réductions de rejets et de production de déchets.

- Simplification en se focalisant sur certains problèmes d'environnement et des étapes particulières du cycle de vie.
  C'est l'approche adoptée par l'ESQCV : la grille d'"**Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie**". Cette grille est extraite du fascicule documentaire de l'AFNOR, FD X30-310 : "Prise en compte de l'environnement dans la conception et le développement des produits. Principes généraux et application" [AFNOR 98].

  Certains qualifient cette approche de semi-quantitative [VENTERE 97] dans le sens où il s'agit d'avoir quelques données quantitatives permettant de mesurer l'importance de certains problèmes, et ce d'après l'avis de différents experts dont les dires vont permettre d'une part de limiter le champ d'investigations et d'autre part d'indiquer les thèmes environnementaux à aborder et les phases du cycle de vie semblant les plus pertinentes à étudier.
  L'approche n'est pas aussi complète et globale que dans le cas de l'ACV. On peut distinguer deux étapes dans l'approche : une qualitative et une quantitative.

  A partir d'un premier questionnaire rempli par le fabricant du produit à étudier, un expert va identifier les principaux problèmes environnementaux de ce produit et élaborer une grille sur laquelle seront indiqués les points défavorables nécessitant des données plus complètes pour conduire à une évaluation précise des problèmes à résoudre. C'est l'étape d'évaluation qualitative.
  Pour simplifier l'étude, un maximum de 5 problèmes seront examinés. Ils correspondent à des flux ou impacts qui caractérisent ces problèmes.

  L'exemple qui suit dans la figure 2 est appliqué sur un produit fictif.

	Extraction de matières premières	Production	Distribution	Utilisation	Traitement de fin de vie
Pollutions et déchets : quantité, toxicité	?	❑	**	0	*
Epuisement des ressources naturelles : quantités utilisées, origine renouvelable ou non, ressource abondante ou rare	❑	❑	*	**	?
Bruits, odeurs, atteinte à l'esthétique	❑	?	*	**	?

Légende : Appréciation par rapport à l'environnement

❑ défavorable
* favorable
** très favorable
? absence de données
0 sans objet

Figure 2 : Grille d'Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie de l'AFNOR - Exemple sur un produit fictif.

Source : AFNOR, Fascicule documentaire FD X 30-310, Mai 1998.

Sur un tel tableau on peut visualiser rapidement les étapes susceptibles de poser des problèmes ("défavorable") au cours du cycle de vie.
Un second questionnaire, rempli par le fabricant, va permettre à l'expert d'approfondir, en termes quantitatifs, son investigation sur les problèmes principaux, de calculer la notabilité de chacun d'eux, puis d'identifier les améliorations à envisager en priorité. C'est l'étape d'évaluation quantitative.
La notion de problème environnemental notable repose sur le principe de pesée : si le poids environnemental dépasse le poids économique, la contribution à un problème d'environnement sera notable et une recommandation d'amélioration à envisager sera d'autant plus pertinente.
Le ***Poids environnemental*** se calcule de la manière suivante :

$$\frac{\text{(Flux ou impact lié au produit)}}{\text{(Flux ou impact à l'échelle nationale)}}$$

et le ***Poids économique*** de la manière suivante :

$$\frac{\text{(Coût d'achat et d'utilisation du produit)}}{\text{(Produit Intérieur Brut (}PIB\text{))}}$$

Remarque : Cet outil a été formalisé de façon plus détaillée lors de son application à 20 produits couramment achetés par l'Administration dans le cadre d'un projet du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement : le "Verdissement des administrations".

Un tel type d'outil est foncièrement critiquable, d'après J. Chevalier [CHEVALIER 99], par le fait même qu'il soit basé sur une évaluation menée à partir de dires d'experts. En effet, aucun expert ne peut vraiment prédire a priori les étapes prépondérantes à étudier puisque ce genre de diagnostic est justement du ressort de l'ACV classique.
D'autre part, tout peut laisser à penser que le rôle des experts est aussi d'éliminer les étapes pour lesquelles les améliorations possibles ne sont pas du ressort du commanditaire de l'étude …

- D'autres possibilités de simplification de l'étude résident encore :

  - dans des approches multicritères monophases où l'on ne prend en compte, pour comparer deux produits par exemple, que la phase où ils sont susceptibles d'avoir des impacts différents (la fin de vie notamment). L'interprétation des résultats doit alors bien entendu se faire uniquement sur la phase considérée.

  - dans la collecte des données d'étude : on pourra ainsi se simplifier la tâche en ne prenant en compte que des données bibliographiques ou génériques sans essayer de récolter des données sur site, spécifiques, souvent très difficiles à obtenir pour des questions de confidentialité notamment.

Chaque entreprise va choisir en somme la simplification qui lui correspond le plus, en fonction de sa politique et des objectifs fixés.

1.1.3. Méthode des éco-indicateurs

La méthode la plus répandue en matière d'éco-indicateurs est la méthode hollandaise Eco-indicator 95 [GOEDKOOP 95a,b] qui a été élaborée dans le cadre du NOH (National Reuse of Waste Research Programme) à la demande des industriels Philips, Netherlands Car et Océ. C'est un autre moyen de simplifier l'étude d'analyse de cycle de vie utilisé par certaines entreprises hollandaises en particulier [PRINS 97].

Les éco-indicateurs sont des "notes" faciles à manipuler ; ils sont attribués après évaluation de tous les impacts environnementaux de chaque matériau pour chacune des phases du cycle de vie.
La méthode est basée sur le principe de l'ACV. On retrouve ainsi les mêmes étapes d'inventaire des flux, de classification et caractérisation selon plusieurs catégories d'impacts, et de normalisation. Au niveau de l'évaluation, l'objectif est d'obtenir une note écologique unique et globale en fin d'étude.

Le processus d'agrégation est schématisé sur la figure 3 suivante.

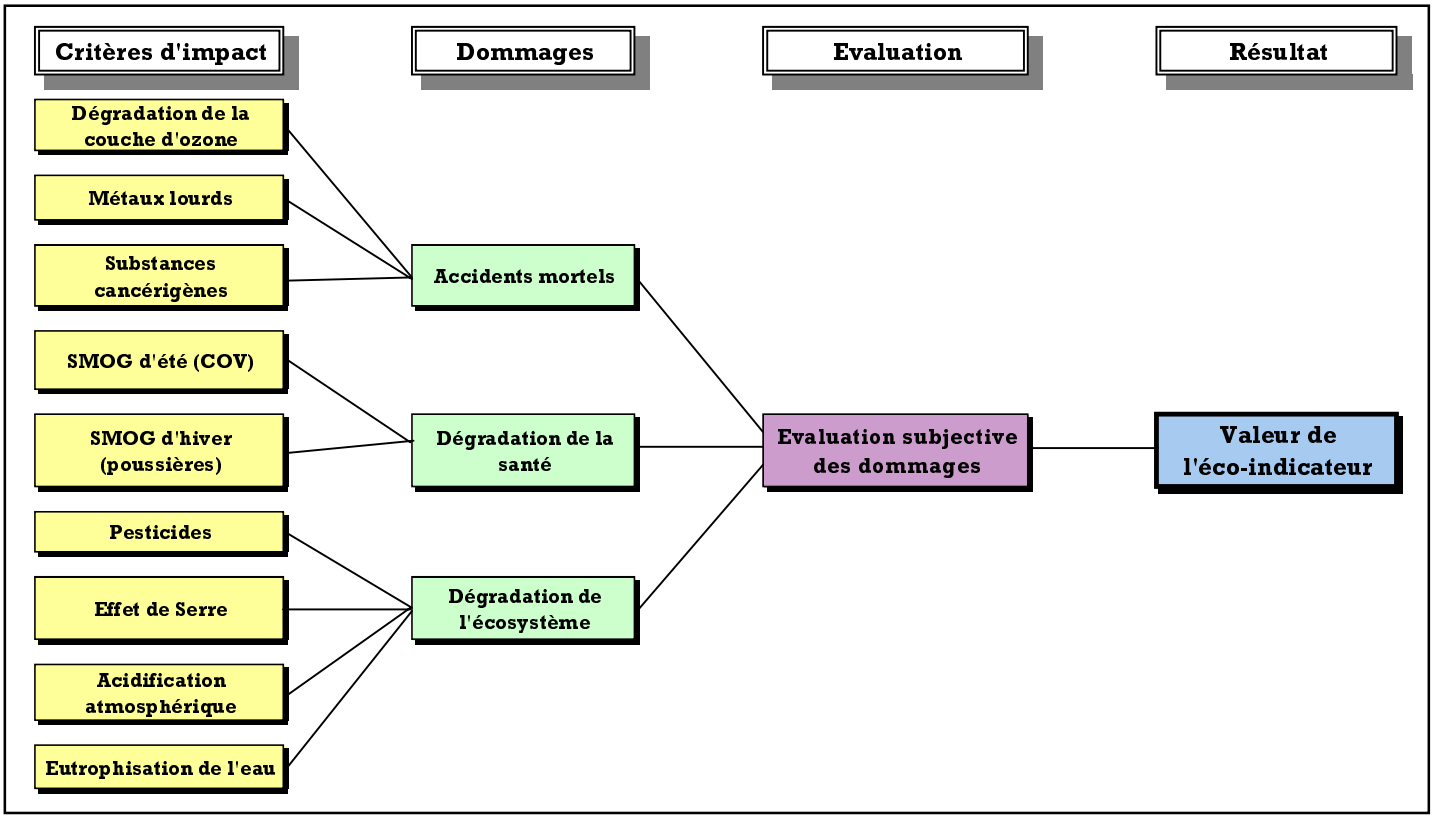


Figure 3 : Schématisation de la méthode Eco-indicator 95.

<u>Source</u> : *Mark GOEDKOOP, "The Eco-indicator 95 : Manual for Designers", National Reuse of Waste Research Programme (NOH), Pré consultants, 1995, rapport n°9524, p. 27.*

<u>Remarque</u> : "Accidents mortels" correspond au risque d'accidents mortels pour l'homme, engendrés par la destruction de la couche d'ozone, l'émanation ou rejet de métaux lourds ou de substances cancérigènes.

Pour passer de l'étape "critères d'impact" à l'étape "dommages", les résultats sont multipliés par un facteur de réduction qui traduit l'importance de l'impact et correspond au rapport du niveau actuel et de l'objectif ciblé (la réduction des impacts). La méthode

utilise le concept de « *distance to target* » où le poids relatif attribué à chaque polluant est fonction de la distance entre l'émission actuelle et l'émission visée [LE BORGNE 98].

Cet objectif visé relève le plus souvent d'un compromis entre des considérations sociales, économiques et scientifiques ; mais dans une approche rigoureuse, la valeur doit être fondée sur la base d'une approche scientifique et correspondre à un faible niveau de dommage (dommage limité). Le facteur de réduction est donc calculé pour chaque catégorie de manière à atteindre un niveau de dommage acceptable pour un développement durable. Ont été définis les niveaux acceptables suivants, lesquels sont équivalents :

- Pour le nombre d'accidents mortels : un mort par million d'habitants et par an,
- Pour la dégradation de la santé et le nombre de personnes malades à la suite d'impacts environnementaux : les périodes de SMOG (hiver et été), entraînant des plaintes, ne devraient presque jamais se produire,
- Pour la dégradation des écosystèmes : seulement 5 % de dégradation des écosystèmes ne devraient encore avoir lieu sur plusieurs décennies.

Pour l'évaluation des dommages, le facteur de pondération affecté aux valeurs d'impact pour les trois catégories est subjectif et basé sur l'importance accordée à chacune. Ici toutes sont d'égale importance.
La valeur finale de l'éco-indicateur correspond à la somme pondérée des valeurs d'impact.
Il s'agit finalement d'une note écologique globale obtenue après un calcul d'analyse de cycle de vie.

La base de données "Eco-indicator '95" contient plus de 100 éco-indicateurs calculés selon cette méthode d'agrégation. Les indicateurs représentent aussi bien les impacts de la production d'1kg de matériau (consommations de matière et d'énergie, rejets dans l'air, dans l'eau, fabrication de déchets ...), que ceux des procédés de mise en forme des matériaux, de génération d'énergie, des transports ou encore des scénarios de fin de vie.
Ils vont pouvoir facilement être utilisés pour calculer la note environnementale d'un produit en connaissant les différents matériaux qui le composent, les procédés de mise en forme, les modes de transports, la durée de vie approximative et les scénarios de fin de vie envisagés.
Cette méthode permet donc aisément de réaliser l'analyse de cycle de vie d'un produit sans perdre de temps à réunir toutes les données d'impact nécessaires et sans véritablement connaître la démarche de la méthode d'ACV.
On peut parler d'une méthode de simplification de l'ACV dans le sens d'une plus grande facilité à appréhender une telle méthode par un néophyte (un concepteur, par exemple)

et ce par le simple emploi d'une note représentant à elle seule un ensemble d'impacts environnementaux.

La méthode existe sous forme d'outil "papier" (fiches simples à remplir avec calculs à faire) [GOEDKOOP 95a,b] ou sous forme "logiciel", dans une approche intégrée. Un logiciel, ECOSCAN 2.1[7] (version 1999) développé par la société hollandaise Turtle Bay en partenariat avec Philips, et utilisé par les unités du groupe, est en effet basé sur cette approche.

Remarque : Le logiciel, SimaPro 4.0, développé par la société hollandaise Pré Consultants, peut également être utilisé avec la méthode Eco-indicator 95.

Notre étude de terrain chez Philips Eclairage fut pour nous l'occasion de mettre à l'épreuve, sur deux produits, le logiciel et la méthode, pour dégager alors les grandes caractéristiques d'un tel outil : ses avantages et ses limites. Nous abordons cette critique d'Ecoscan dans la partie 3 consacrée à nos travaux d'expérimentation.

1.1.4. MIPS : Material Intensity per Service Unit

Cette approche d'évaluation fut introduite en 1994, en Allemagne par F. Schmidt-Bleek de l'Institut Wuppertal. Son objectif est de connaître pour un produit, sa consommation d'environnement. Cette consommation correspond en fait à l'ensemble des transformations opérées à partir des ressources naturelles sur le cycle de vie d'un produit d'un certain poids, transformations qui vont se traduire par un certain nombre de ponctions et rejets représentant un "poids d'environnement"[8] : le poids de la consommation de ressources abiotiques (non renouvelables) et biotiques (renouvelables), de la consommation d'eau et d'air et du déplacement du sol (érosion, exploitation des sols) [SCHMIDT-BLEEK 94].

La notion de MIPS - Material Intensity per Service Unit - lie le poids du produit et son unité fonctionnelle au poids environnemental ou "intensité de matière". Cet outil a donc la particularité d'allier la consommation de ressources avec le service rendu par le produit.

---

[7] La base de données Ecoscan Eco-indicator '97 de la version 2.1 (1999) contient près de 280 éco-indicateurs. D'autres bases de données peuvent aussi, sur demande, être commercialisées avec le logiciel : NOH Eco-indicator '95 (120 éco-indicateurs en novembre 1996) et Idemat Eco-indicator '96 (290 éco-indicateurs extraits de la base générique IDEMAT).

[8] Poids d'environnement : F. Schmidt-Bleek a introduit le concept de "sac à dos écologique" dans le sens où la consommation d'environnement d'un produit est invisible au niveau de la fabrication et de la distribution en particulier. On ne perçoit le plus souvent que les ponctions et rejets au niveau de l'utilisation d'un produit. Cette notion de sac à dos écologique a été reprise par P. Schiesser [SCHIESSER 99].

Les résultats sur des produits évalués selon cette approche peuvent être par exemple :

- ✔ Une automobile de 1 tonne en moyenne représente un poids d'environnement de 70 tonnes,
- ✔ Une alliance en or de 5 g représente un poids d'environnement de 2 tonnes …

De la même façon, il est possible de calculer le poids environnemental de matériaux (par kg de matériau), à partir de l'ensemble des consommations nécessaires pour les extraire et les transformer.

Cet outil va permettre à une entreprise d'effectuer une "comptabilité verte", soit d'évaluer simplement les flux de matière et ainsi tenter de limiter les émissions et s'orienter vers une meilleure productivité des ressources. Il va donc aider à mesurer les progrès accomplis vers une amélioration de l'éco-efficacité ou une réduction d'un facteur 4, 10, …pour atteindre petit à petit un développement soutenable.
MIPS sera en particulier utile pour évaluer les impacts environnementaux de différentes alternatives de produits.

Les principales limites de MIPS reposent d'une part sur le fait que l'approche est uniquement basée sur la consommation de ressources, les ponctions, et ne prend pas en compte les pollutions engendrées par les rejets lors de la fabrication, de l'utilisation et de la fin de vie d'un produit. On peut donc lui reprocher les mêmes désavantages que ceux des approches monocritères.
D'autre part, sa validité scientifique peut être mise en doute par le fait qu'aucune distinction ne soit faite entre les matériaux toxiques et non toxiques [Van NES *et al.* 97].

1.1.5. Evaluation des coûts du cycle de vie

A des études d'impacts écologiques, certains vont préférer réaliser des études basées sur l'évaluation de coûts engendrés par un produit au cours de sa vie. Ce type d'approche est très répandu en particulier aux Etats-Unis où les évaluations économiques de tout type d'impact, d'accident, … sont très courantes. Elle relève d'une stratégie d'entreprise basée moins sur l'évaluation des dommages externes d'un produit sur son environnement, mais davantage sur les conséquences économiques d'un produit potentiellement polluant et ce, sur le fabricant, sur le client, sur le collecteur-recycleur et la Société en général.

L'évaluation des coûts concerne à la fois les coûts directs et indirects générés tout au long du cycle de vie du produit [ALTING 91]. D'après le manuel publié par le PNUE, *Ecodesign : A Promising approach to sustainable production and consumption* [BREZET *et al.* 97], plusieurs méthodes de calculs économiques peuvent être distinguées selon le type de coûts pris en compte et les limites du système considéré.

↳ *Environmental Life Cycle Costs* :

Cette méthode évalue les coûts de dépollution engendrés par les impacts environnementaux de toutes les phases du cycle de vie du produit ; ces coûts concernent entre autres les coûts nécessaires pour traiter les eaux, les fumées, les déchets, …

↳ *Total Cost Accounting (TCA)* :

Cette méthode de comptabilité concerne un seul acteur de la chaîne du produit comme le fabricant par exemple. Elle va consister dans ce cas à évaluer outre les coûts de R&D, les coûts d'investissement (pour une production plus propre : changements de process), les coûts opérationnels (travaux, matériaux, énergie, …), les coûts environnementaux (management des pollutions, conformité à la réglementation, réduction des émissions - on parle pour ces deux derniers cas de coûts d'évitement), les coûts cachés, plus difficiles à mesurer : les coûts liés à l'image de marque de l'entreprise, les coûts de responsabilité vis-à-vis de la santé, de l'hygiène, de la sécurité ….
Cette approche, qui relève d'une vision à long terme de l'entreprise, est donc entre autres focalisée sur l'évaluation économique des risques environnementaux associés à un produit.

↳ *Life Cycle Costing (LCC)* :

Cette méthode concerne tous les acteurs de la chaîne du produit depuis le fournisseur jusqu'au consommateur, voire même le recycleur. Elle va consister à évaluer sur l'ensemble du cycle de vie du produit tous les coûts qui lui sont associés (investissements, opérationnels, coûts de responsabilités, coûts environnementaux, coûts d'utilisation, de maintenance, d'élimination, …). Cette investigation économique est basée sur les coûts actuels et/ou futurs.
Ce type d'approche économique est très utilisé par les entreprises tentant d'évaluer le coût ou le bénéfice représenté par l'éco-conception de leurs produits pour chacun des acteurs concernés.

↳ *Full Cost Accounting (FCA)* :

Cette méthode reprend l'évaluation économique du LCC en y adjoignant l'évaluation des coûts sociaux relatifs à la production, l'utilisation et la fin de vie. Elle prend donc en compte les coûts engendrés par la consommation de ressources naturelles ou la destruction de la couche d'ozone, dans une approche où l'on attribue une valeur économique à un flux de déchets par exemple.
Cette monétarisation est basée sur la volonté de payer pour éviter les effets environnementaux négatifs et remédier aux pollutions : on peut parler de méthode du consentement collectif à payer. L'évaluation des impacts sur la santé humaine, par exemple, est basée sur les coûts qu'une société est prête à payer pour soigner les gens.

Remarque : Ce type d'approche est utilisé par la méthode suédoise d'évaluation des impacts environnementaux, EPS (Environmental Product Strategy), où les différents dommages sont exprimés en termes monétaires.

Plusieurs outils d'évaluation économique déjà commercialisés ou en cours d'élaboration sont basés sur ces différentes approches : LCC, TCA et FCA [BREZET *et al.* 97].
Le Centre for Sustainable Design (CfSD, Royaume-Uni) notamment, a développé dans le cadre d'un projet de recherche un outil d'évaluation des coûts pour chaque étape du cycle de vie : le **REDI[9] tool** [WILLIAMS 96].
L'objectif de cet outil est de quantifier les coûts directs et indirects d'un produit : coûts de conformité à la réglementation, coûts de traitement des déchets, …, et de comparer ces coûts à la valeur ajoutée du produit à chaque étape de son cycle de vie.
La base de données du REDI tool permet d'effectuer l'inventaire des matériaux, lequel renseigne l'utilisateur sur les risques que présente son produit vis-à-vis de l'environnement et les contraintes économiques associées. Les coûts globaux de traitement et d'élimination sont calculables à partir de l'inventaire des déchets. La base de données contenant également les valeurs ajoutées des matériaux et composants, l'intérêt pour l'utilisateur est de pouvoir comparer les coûts engendrés par son produit avec sa valeur ajoutée, puis d'orienter sa stratégie dans le but d'accroître le ratio : Valeur ajoutée / Coûts globaux.

Les outils qui évaluent les coûts engendrés par un produit sur l'ensemble de son cycle de vie et en particulier tous les coûts environnementaux sont plus proches des préoccupations premières des entreprises. Ils offrent cependant des limites :

[9] REDI : The Regional Eco-Efficiency Demonstrator Initiative; projet de recherche britannique pour aider les entreprises à devenir plus "éco-compétente".

- d'une part, les chiffrages économiques ne sont pas toujours très aisés et d'autant plus lorsqu'il s'agit d'anticiper sur des scénarios de fin de vie ou d'évaluer le coût engendré par la pollution d'un cours d'eau pendant la fabrication d'un produit.

- d'autre part, les outils qui prennent en compte tous les coûts engendrés par le cycle de vie d'un produit (coûts d'investissements, coûts opérationnels ou de fabrication, coûts de maintenance, coûts de réparation, ... et coûts environnementaux : coûts de dépollution, de conformité à la réglementation, de réduction des émissions ...), ne permettent pas de conclure sur les avantages environnementaux d'un produit par rapport à un autre, la somme globale pouvant lui être favorable tout en engendrant des coûts environnementaux plus forts.

1.1.6. Points de vue sur les outils d'évaluation à dominante quantitative

Chacun des outils évoqués présente à notre sens des avantages et des inconvénients parfois majeurs, pour leur utilisateur. Le tableau 4 suivant résume les points principaux à souligner.

Outils	Avantages	Inconvénients
ACV	– Etude complète et chiffrée. – Identification détaillée de tous les points noirs du produit étudié. – Possibilité d'effectuer des comparaisons pertinentes entre produits.	– Long (nécessite beaucoup d'informations parfois difficiles à obtenir). – Coûteux. – Evaluation et interprétation des résultats très controversées (problème de l'ignorance des hypothèses de calcul choisies, problème de hiérarchisation des impacts). – Dimensions spatiales et temporelles des impacts non prises en compte.
ACV simplifiée	– Etude plus rapide et plus simple que l'ACV complète.	– Danger de la simplification : si un seul critère écologique est pris en compte notamment, attention à l'énoncé des résultats sur les performances environnementales comparées de deux produits ! – **Grille ESQCV** : pertinence des résultats parfois difficilement exploitable (comment comparer les résultats de plusieurs études ?). Rôle et dires des experts, critiquables.

... / ...

Outils	Avantages	Inconvénients
Méthode des éco-indicateurs	– Manipulation facile des notes "écologiques". – ACV assez rapidement réalisée, sans connaître les détails de la méthode.	– Scientifiquement contestable (Hypothèses de calcul difficiles à vérifier = "*Boîte Noire*"). – Pas de possibilité de comparer les impacts de deux produits pour un seul critère écologique. La note est globale. – Pour un produit, possibilité de comparer uniquement les impacts globaux relatifs de chacune des phases du cycle de vie. – Difficulté pour un concepteur d'interpréter une note écologique en mPt en termes d'actions à entreprendre.
MIPS	– Evaluation de la consommation de ressources d'un produit en liaison avec le service rendu.	– Prise en compte uniquement des consommations de ressources sans tenir compte des pollutions.
Etude des coûts	– Association des problèmes environnementaux et de l'économie.	– Difficulté de tout chiffrer économiquement (en particulier les coûts indirects engendrés par un produit sur l'ensemble de son cycle de vie). – Danger de comparer deux produits évalués selon des méthodes économiques prenant en compte tout type de coût (R&D, investissement, … et environnement). Le produit le moins cher ne sera pas forcément le plus respectueux de l'environnement.

Tableau 4 : Points de vue sur les outils d'évaluation environnementale à dominante quantitative.

Pour conclure sur les outils d'évaluation quantitative et l'Analyse de Cycle de Vie en particulier, J. Chevalier reconnaît les principaux défauts habituellement attribués à une telle étude [CHEVALIER 99] : une nécessité de moyens très lourds (argent, temps, ressources) et une accessibilité restreinte aux organismes de grande envergure, ce qu'il nomme les lacunes pratiques de l'ACV. Mais pour lui, l'outil pourra devenir utile et très accessible si on l'informatise de manière intelligente, avec les données nécessaires faciles à rassembler et une réflexion de fond sur ses objectifs.

Est-ce à dire finalement que l'ACV est mal utilisée et que ses résultats sont inexploitables car les objectifs de départ ont mal été établis ?
En fait pour J. Chevalier, l'insertion d'outils d'évaluation environnementale dans un processus de décision globale est rare puisque les décisions qui priment sont d'ordre

économique et technique. Il déplore en effet que l'ACV se positionne davantage comme un outil de confirmation d'une décision ("en plus, c'est bon pour l'environnement…") utilisé en parallèle, qu'un outil dit d'aide à la décision dont les résultats induisent des recommandations environnementales dans le processus décisionnel.
Cette mise en marge de l'évaluation environnementale et en particulier de l'ACV est pour lui liée au fait qu'une telle étude est perçue comme une boîte noire créant des problèmes de légitimation des décisions prises. On peut effectivement remarquer que les résultats font souvent l'objet de critiques puisque pour beaucoup dépendants des objectifs et des hypothèses subjectives établies au début. Certains diront que "l'on peut faire dire ce que l'on veut à une ACV et obtenir les résultats souhaités", dans le cadre par exemple d'une stratégie d'entreprise. Ceci justifie bien sûr le manque de légitimité accordée aux résultats et l'absence de crédit lors de la prise de décision en matière de conception.

L'outil ACV, pour être utile et retrouver la confiance des industriels, devra gagner en transparence et en simplicité, et en particulier sur la récolte des données pertinentes et ciblées.

1.2. Evaluation à dominante qualitative

Plus rapides et "simples" que les outils d'évaluation à dominante quantitative, ces outils fournissent un diagnostic sur la base de critères qualitatifs identifiant les principaux problèmes à résoudre.

Ils peuvent se présenter sous diverses formes, résumées dans le tableau 5 suivant.

Outils d'évaluation à dominante qualitative		
Type d'outil	**Exemples / Références**	**Caractéristiques principales**
Approche Cycle de Vie		
Approche matricielle	Grille d'évaluation, ADEME (France)	**Grille, à remplir de manière simplifiée, sur les principaux impacts environnementaux du produit**
	Product Improvement Matrix, AT&T (USA) [GRAEDEL *et al.* 96]	**Evaluation du produit à l'aide de questions ; visualisation des points faibles sur une cible**
	Product Life Cycle Matrix, Motorola (USA) [HOFFMAN 95]	**Evaluation du produit à l'aide de questions ; visualisation des points faibles sur le tableau (ou matrice)**
	M.E.T. Matrix (Pays-Bas) [BREZET *et al.* 97]	**Evaluation sur trois critères : consommations de matière, consommations d'énergie et émissions de substances toxiques**
Evaluation basée sur la réglementation	Méthode d'EDF (France) [JANIN 96]	**Attribution de notes basée sur la réglementation, selon que les substances émises sont visées ou non**
Approche "spécifique"		
Indice écologique	Méthode de J.P. Ventère (France) [VENTERE 95]	**Calcul d'un indice par rapport à des critères sélectionnés, avec attribution de pénalités**
Eco-compass	[FUSSLER *et al.* 96]	**Evaluation d'options de conception par rapport à un cas de référence (produit existant), sur six critères**
Check-list	Eco-Estimator & Fast Five PHILIPS [MEINDERS 97a]	**<u>Eco-Estimator</u> : Evaluation d'un produit existant (liste de questions précises dont les réponses servent à établir une notation). <u>Fast Five</u> (awareness) : Evaluation d'un produit en cours de conception (5 questions)**
	Design for Recycling [STEINHILPER 95]	**Liste de questions classées par thèmes avec 3 réponses possibles : idéal, acceptable, besoin d'agir**
Liste de matériaux	Liste de l'EACEM-EUROBIT … (associations de fabriquants de produits électriques et électroniques)	**Liste de substances chimiques visées (à restreindre) par la réglementation européenne**
	Listes noire, grise, blanche VOLVO (Suède)	**Noire : Substances à bannir ; Grise : Substances à limiter (seuil) ; Blanche : Substances de substitution**

Tableau 5 : Liste des outils d'évaluation à dominante qualitative de l'impact environnemental d'un produit.

On peut encore distinguer dans cette catégorie les outils d'approche cycle de vie sur plusieurs critères écologiques, des outils focalisés sur une ou plusieurs phases et sur des critères moins écologiques mais davantage de conception, outils que nous avons qualifiés d'approche "spécifique". Cette classe va concerner des outils notamment focalisés sur la fin de vie des produits, sur des critères comme les substances toxiques, la recyclabilité ou la durabilité du produit.

1.2.1. Approches matricielles

Ces approches se présentent sous la forme de tableaux ou matrices à remplir d'une manière plus ou moins élaborée. Elles partagent avec l'ACV une vision globale multicritère des impacts environnementaux d'un produit sur l'ensemble de son cycle de vie.
Pour une entreprise ne connaissant pas l'ACV, de telles démarches peuvent servir de marche-pied intéressant vers l'ACV ou se suffire à elle-même en tant qu'outils permettant de "dégrossir" les problèmes et de là dégager des pistes d'amélioration.

Plusieurs approches ont pu être identifiées. On les qualifie d'approches à dominante qualitative dans le sens où aucun calcul élaboré et parfois complexe (nécessitant des règles d'affectation, des pondérations, ...) n'est effectué comme pour les ACV approfondies ou la méthode des éco-indicateurs.

- "**La grille d'évaluation**" de NF-Environnement, élaborée par l'ADEME, prend en compte un certain nombre de critères déclarés pertinents pour chaque phase de cycle de vie du produit. Elle est utilisée pour évaluer un produit lors de l'attribution de l'écolabel français, NF-Environnement [BOEGLIN 98].
  Il s'agit de remplir la grille de façon qualitative afin d'identifier les points qui méritent une attention plus particulière. La procédure pour renseigner les "cellules" est la suivante :

  "X": aspect à prendre en compte
  "-" : aspect négligeable ou nul
  "?": pas d'élément de réponse sur cet aspect

  Cette évaluation peut s'appuyer sur des avis d'experts ou des études antérieures.
  Au vu des résultats obtenus, il est possible de recueillir des données quantitatives spécifiques aux "points noirs" à considérer, afin d'approfondir l'évaluation. On peut

alors parler d'une approche semi-quantitative se basant à la fois sur des données qualitatives et quantitatives.

Dans le cas de la démarche d'attribution de l'écolabel français, cette évaluation va permettre d'élaborer des propositions de critères écologiques pertinents et de seuils correspondants.

- Une autre approche matricielle est la "**Product Improvement Matrix**" de AT&T [GRAEDEL *et al.* 96].

  La méthode consiste à noter l'impact sur l'environnement (de 0 à 4, 4 représentant l'impact minimum) de cinq phases du cycle de vie : *Extraction des ressources, Fabrication du produit, Emballage et transport, Utilisation, Fin de vie* et pour cinq critères environnementaux : *choix des matériaux, consommation d'énergie, déchets solides, déchets liquides, déchets gazeux*.
  A chaque élément de la matrice est lié un ensemble de questions (deux ou trois la plupart du temps) dont les réponses vont aider à l'évaluation, sous forme de note : de 0 -situation défavorable à l'environnement- à 4 -situation favorable à l'environnement-, par élément.
  La note maximale par cellule est de 4, par phase de 20 et la note globale maximale de 100. Il est possible de représenter graphiquement sur une cible les notes de chaque élément par des points : plus le nombre de points proches du centre est grand, meilleur est le produit vis-à-vis de l'environnement.

  Remarque : Cette matrice peut aussi être utilisée comme outil d'amélioration de la conception environnementale d'un produit grâce aux questions des check-lists utilisées pour chaque élément [GRAEDEL *et al.* 95].

- Un autre exemple encore est la "**Product Life Cycle Matrix**", développée par Motorola aux Etats Unis [HOFFMAN 95]. Cette matrice considère cinq phases du cycle de vie et quatre critères : consommation des ressources naturelles, d'énergie, santé de l'homme et "santé" de la nature. Chaque élément de matrice comporte quatre questions. Si la réponse est oui, l'impact est minimum, on lui attribue la note 1, sinon 0. En additionnant les notes, le score de chaque élément est compris entre 0 et 4, 4 représentant l'impact minimum. On situe rapidement, à la lecture du tableau, où le produit engendre des problèmes environnementaux.

- La "**M.E.T. Matrix**" – *Matériaux, Energie, Toxicité* – [BREZET *et al.* 97] va consister, pour chacune des cinq phases principales du cycle de vie (production et fourniture de matériaux et composants, fabrication, distribution, utilisation, fin de vie) et selon trois critères (cycle des **M**atériaux – ressources naturelles et déchets - , consommation d'**E**nergie, émissions **T**oxiques), à lister respectivement les différents matériaux consommés ou substances émises, les sources de la consommation énergétique (le produit lui-même mais aussi les transports, les opérations de maintenance ou de valorisation en ajoutant également le contenu énergétique des matériaux utilisés) et les différents produits toxiques émis.

Ces approches matricielles présentent l'intérêt majeur d'être assez rapides mais comme toute approche qualitative, l'appréciation des impacts sans quantification et données précises est relativement subjective et l'attribution de notes, dans le cas des matrices AT&T et Motorola, sujette à discussion.
Les comparaisons entre deux produits évalués en particulier avec la matrice MET ne seront pas très aisées dans le sens où les résultats ne sont pas des chiffres ou des notes mais des quantités diverses de matières ou substances consommées ou rejetées.

1.2.2. Evaluation basée sur la réglementation

L'évaluation basée sur la réglementation, développée par EDF [JANIN 96], consiste en premier lieu à identifier les principaux impacts environnementaux au cours du cycle de vie d'un produit à l'aide de la phase d'inventaire de l'ACV. Par la suite, un système de notation est établi pour chacune des phases selon que les substances qu'elles génèrent sont interdites, limitées ou autorisées par la réglementation (les directives européennes en particulier) effective ou en préparation.
Dans ce système, une toute puissance est donnée au génie réglementaire, ce qui dans certains cas, peut contribuer au développement de comportements industriels éco-conformistes [BUTEL-BELLINI 97] et éviter l'adoption de solutions environnementales allant au-delà des exigences réglementaires.

Un tel outil d'évaluation présente un intérêt par rapport aux autres, celui de prendre en compte la réglementation qui s'applique, ce dont les entreprises soucieuses de respecter l'environnement, doivent se préoccuper.
Il permet entre autres de considérer des aspects de sécurité avec notamment la possibilité d'évaluer les produits en situation d'avarie (cas de transformateurs électriques en flamme par exemple), là où l'ACV ne le permet pas, alors que des

matériaux inflammables peuvent engendrer des impacts environnementaux très néfastes en situation d'incendie.

L'idée qui sous-tendait le développement d'un tel outil était de se dire qu'une évaluation purement environnementale peut révéler des impacts considérés comme préoccupants sur lesquels l'entreprise va focaliser ses actions d'amélioration alors qu'aucune réglementation ne s'applique, donc qu'aucune taxe ne risque de "surgir", tandis que d'autres impacts peuvent paraître plus insignifiants mais bien plus visés par des textes de lois et plus taxés, donc plus coûteux.
Mais en contre-partie, on peut aussi imaginer que dans le cas d'un rejet d'une substance soupçonnée d'avoir un fort impact pour un ou plusieurs critères particuliers, substance néanmoins non visée par la réglementation, la prudence voudrait que l'on s'intéresse quoiqu'il en soit de plus près à ce problème environnemental et ce vide juridique, pour se préparer au cas où le vide se comblerait. C'est ce qu'on a plus haut appelé une approche anticipatrice, proactive.

Les principales limites qu'il est possible de faire d'un outil d'évaluation basée sur la réglementation, outre qu'il nécessite une veille réglementaire très rigoureuse, sont que l'évaluation comparative de deux produits reste très dépendante d'une part des textes pris en compte (réglementation française, européenne, ...) et de l'évolution rapide de la réglementation d'autre part. Une évaluation ayant permis par exemple de choisir un matériau plutôt qu'un autre pourra ainsi se révéler caduque si le matériau choisi se trouve soudainement visé par un nouveau texte de loi ou la valeur du seuil autorisé revue à la baisse.

1.2.3. Indice écologique

Cette méthode préconise l'établissement d'un indice qui repose sur l'évaluation d'un nombre limité de critères retenus comme pertinents. On ne parle pas dans ce cas d'une approche globale, "cycle de vie" mais d'une approche "spécifique".
Un exemple d'indice est celui sur la qualité écologique des produits [VENTERE 95] ; une analyse multicritère, basée sur l'identification des problèmes environnementaux de différents niveaux de gravité, va les reformuler sous forme de questions qualitatives dont les réponses ou modalités sont hiérarchisées de la situation idéale (modalité favorable) à la situation insatisfaisante (modalité défavorable) et pondérées par des pénalités.
La pénalité est 0 pour une modalité favorable, X (à déterminer) pour une modalité défavorable et X/2 pour une modalité médiane (situation intermédiaire).

Les questions sont généralement résumées par thème ou facteur d'impact sous forme de critères, eux-mêmes regroupés dans des classes telles que : recyclabilité, durabilité, adéquation au besoin… .

Renault a adapté cet outil pour évaluer ses emballages [CADO 96] ; dans ce cas, classes et critères sont les suivants :

Classe I : Respect des spécifications matériaux
Nature des composants *(C1)*
Classe II : Diversité et tri à la source des composants perdus
Diversité et tri à la source *(C2)*
Classe III : Recyclabilité de l'emballage
Recyclabilité *(C3)*
Classe IV : Durabilité de l'emballage
Durée de vie *(C4)*
Classe V : Risques incendie liés aux matériaux plastiques
Conception *(C5)*
Caractéristiques de combustion *(C6)*
Classe VI : Adéquation de l'emballage au besoin
Surqualité *(C7)*
Sous-qualité *(C8)*

Source : Sylvia Cado, "Indice écologique de l'emballage" chez Renault, Rapport de Mastère "Mécanique et Environnement", ENSAM Chambéry, 1996.

La méthode générale de l'indice est la suivante :

1. Choix du produit à évaluer
2. Définition des classes regroupant les critères d'évaluation à partir des priorités environnementales de l'entreprise
3. Définition des modalités pour chaque critère
4. Définition des pénalités maximales relatives à chaque critère (pour une modalité défavorable)
5. Calcul de l'indice écologique

L'indice global du produit est égal à **100 - Somme des pénalités**

La limite d'un tel outil réside dans la relativité du choix des critères et des pondérations ou valeurs de pénalité qu'on leur affecte.

1.2.4. Eco-compass

Cet outil, développé par la société Dow, a pour objectif d'évaluer les choix d'options d'améliorations d'un produit en cours ou fin de conception, et ce en visualisant sur un graphique en premier lieu la position du produit existant par rapport à six critères puis en visualisant les nouvelles solutions [FUSSLER *et al.* 96].
Les six critères retenus sont les suivants :

- la conservation des ressources naturelles,
- les risques potentiels vis-à-vis de la santé et de l'environnement,
- l'intensité en matériaux[10] : la consommation du produit en matériaux sur l'ensemble de son cycle de vie,
- l'intensité énergétique : la consommation du produit en énergie sur l'ensemble de son cycle de vie),
- la revalorisation : refabrication, réutilisation et recyclage,
- l'extension de service pour le client : notion qui recouvre les possibilités de réparabilité et d'extension ou mise à niveau, d'emploi partagé, d'accroissement de la durabilité ou encore de multi-fonctionnalité).

Ce graphique est représenté sur la figure 4 suivante :

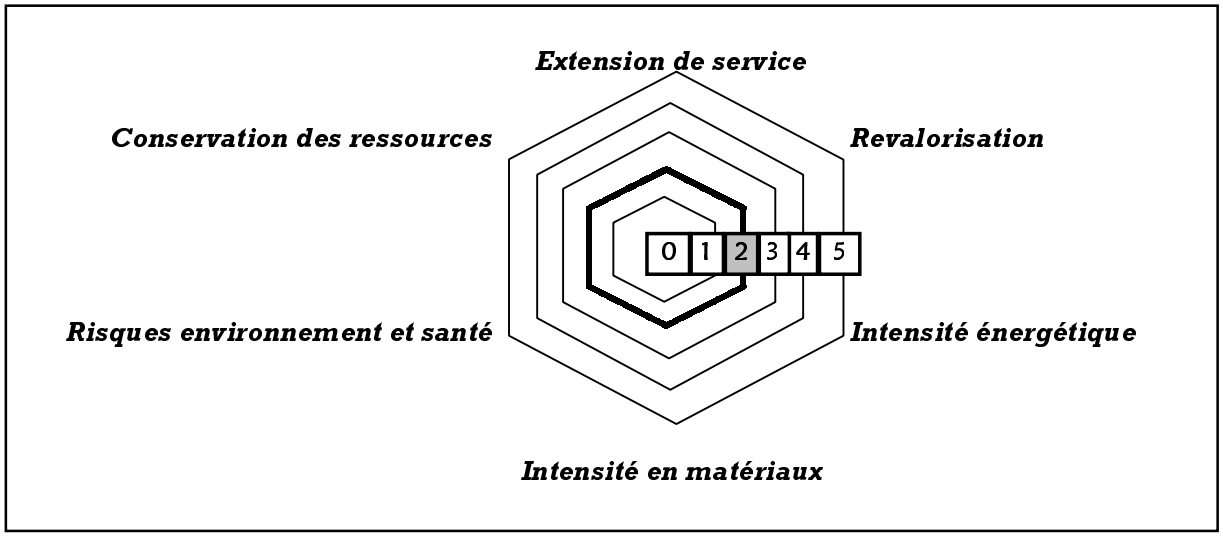


Figure 4 : La représentation des six critères de l'Eco-compass.

Source : *Claude Fussler, "Driving Eco-Innovation - A breakthrough discipline for innovation and sustainability", 1996, p. 153.*

[10] Intensité en matériaux : ce critère correspond à la notion de "sac à dos écologique" ou "MIPS" précédemment évoquée dans les outils d'évaluation quantitative (fruit des recherches de l'institut allemand Wuppertal Institute).

Sur une échelle d'évaluation de 0 à 5, le produit existant considéré comme produit de référence se voit attribuer la note **2** pour chacun des critères. Concernant l'évaluation des solutions d'améliorations ou d'innovations, les options choisies sont positionnées sur les axes des critères auxquels elles correspondent (un ou plusieurs) avec une note de 0 à 5 attribuée selon le pourcentage d'amélioration ou d'aggravation par rapport à la situation de référence. L'échelle de ces notes est variable selon les critères (exemple sur la consommation des ressources naturelles : 0 = accroissement de plus de 100% ; 4 = réduction de plus de 50% et 5 = réduction de plus de 75%). Les différents calculs de consommation, ..., pour le produit existant et les nouvelles solutions sont basés sur des données du cycle de vie du produit et rapportés à l'unité fonctionnelle choisie.
L'intérêt d'un tel outil est de pouvoir évaluer différentes options de conception générées au cours de séances de créativité et de prendre des décisions. Le choix des solutions sera bien entendu effectué au vu des résultats de chacune des propositions et pour les objectifs et la stratégie de développement que l'entreprise se sera définis. Il s'agit bien d'un outil d'évaluation que l'on peut qualifier d'outil "d'aide à la décision". Certains le qualifient même d'outil stratégique dans le sens où il permet de choisir des directions prometteuses en termes d'éco-innovations [Van NES *et al.* 97] & [SIMON *et al.* 98].

1.2.5. Check-lists

Les check-lists (ou listes de contrôle) permettent au concepteur d'évaluer si le produit est respectueux de l'environnement en répondant à des questions précises pour une ou plusieurs phases du cycle de vie. Ce sont des questionnaires d'évaluation qui aident à établir rapidement le profil environnemental du produit.
Ces questionnaires, adaptés à telle ou telle catégorie de produits, sont considérés comme une approche *pragmatique* des méthodes d'évaluation et très prisés par les industriels.
Les aspects qualitatifs d'un produit qui peuvent être pris en compte sont par exemple : son caractère jetable ou réutilisable, le caractère vierge ou recyclé des matériaux présents, le caractère renouvelable ou non des ressources utilisées.
Les check-lists peuvent être standard ou bien spécifiques à une entreprise. Philips a par exemple développé deux outils basés sur ce principe de questionnaire.

↳ ***Eco-Estimator (EE)*** [MEINDERS 97a] :

L'outil se présente sous la forme d'un questionnaire développé par Philips Design et publié dans les *Green Pages* de l'entreprise (1995) et le guide interne *Point of no Return* (1997).

Le questionnaire se décline en quatre paragraphes :

1. Vie du produit
2. Energie et matériaux
3. Recyclabilité (approche fin de vie)
4. Déchets dangereux

Remarque : Le temps évalué de son renseignement complet est de 2 à 5 heures.

A chaque paragraphe correspond un certain nombre de questions dont les réponses peuvent être une quantité (consommation d'énergie, par exemple), un nombre d'années (durée d'utilisation), oui ou non (pièces accessibles ? matériaux recyclables ?)... Les réponses sont *en cascade* dans le sens où elles nécessitent souvent de prendre en compte les réponses à certaines questions précédentes.
Les "sous-totaux" correspondent à la somme des réponses aux questions pour chacun des paragraphes et le total **EE** pour un produit équivaut à la somme des "sous-totaux" des paragraphes 2, 3 et 4.
Le **EE** par an correspond à [**EE** / "sous-total" du paragraphe 1 (= durée de vie du produit)].
L'intérêt d'une telle méthode est de s'intéresser à la structure même du produit. Elle va permettre d'aider les réflexions ultérieures sur de nouvelles directions de conception d'un produit. Chacune des alternatives pourra alors être comparée au résultat **EE** du produit référence (version précédente, plus proche produit dans la gamme ou encore produit concurrent).
Les questions étant très précises, ce type d'outil ne pourra être utilisé que sur un produit existant bien identifié que l'on souhaite évaluer.

- ***Fast Five*** [MEINDERS 97a] :

Cette check-list est adaptée pour l'évaluation d'un nouveau produit en cours de conception (phase de conception détaillée).
Après avoir choisi une référence (produit de version précédente ou concurrent), il s'agit de répondre à une courte liste de questions (réponses par oui ou par non) concernant cinq critères majeurs : énergie (consommation plus faible ?), recyclabilité (produit plus recyclable ? matériaux recyclés ou recyclables, parties séparables ? ...), présence de matériaux dangereux (production de moins de déchets chimiques ? présence de matériaux interdits ? ...), durabilité et réparabilité (meilleures ?), service rendu (existe-t-il des alternatives de conception pour rendre le même service avec des impacts moindres sur l'environnement ?).

Selon le nombre de oui, le produit étudié, comparé à la référence, sera excellent, acceptable, à améliorer… . Dans le cas d'une seule réponse positive, il est nécessaire de choisir une autre référence.

- Le Fraunhofer Institute (IPA, Allemagne) a également développé des **check-lists** dont une pour aider à **améliorer le recyclage d'un produit** [STEINHILPER 95]. Les critères pris en compte sont :

  - la recyclabilité des matériaux,
  - la variété des matériaux,
  - la compatibilité des matériaux,
  - la présence de substances dangereuses,
  - la structure du produit,
  - le marquage,
  - le démontage et la séparation.

  Pour chaque critère, trois cas sont possibles, chaque cas correspondant à une situation : situation idéale pour l'environnement, acceptable ou nécessitant une amélioration. Pour un produit, il suffit de déterminer pour chaque critère dans quelle situation l'on se trouve pour évaluer globalement l'aptitude du dit produit au recyclage.
  A noter que cette check-list peut aussi être utilisée comme outil d'amélioration pour vérifier, au fur et à mesure de l'avancée du projet d'éco-conception, que les voies choisies dans les étapes précédentes sont satisfaisantes (vision itérative du projet).

L'évaluation de produits à l'aide de check-lists amène au même constat que pour les approches matricielles puisque les réponses aux questions sont toujours assez subjectives. Ceci dit, dans certains cas, les questions exigent des réponses précises en termes de consommation d'énergie, de nombre d'années de durabilité, … ce qui limite l'espace de divergence entre plusieurs évaluations effectuées par différents experts et légitime davantage le résultat.
Certains questionnaires sont néanmoins parfois trop longs, ce qui peut rebuter les industriels soumis pour la plupart à des contraintes temporelles.

1.2.6. Listes de matériaux

Ces listes ont pour objectif d'exclure ou de minimiser l'emploi de certains matériaux ou substances dangereuses dans la composition d'un produit. Elles sont pour la plupart basées sur les réglementations des pays.
Elaborées par les entreprises et intégrées aux cahiers des charges remis aux fournisseurs, ces listes reflètent, comme chez Philips, les réglementations internationales les plus drastiques. Elles vont même parfois au-delà, d'après la politique interne de l'entreprise.

Nombre d'industriels les utilisent. Elles sont de plusieurs types.
Ainsi **Digital** dispose de listes de :

- matériaux interdits,
- matériaux dangereux réglementés,
- matériaux "*nice to avoid*".

Il s'agit de prescriptions fortes.
Chez **Philips**, on parle de :

- substances interdites,
- substances de la **liste A** (seuil limite de concentration autorisé dans le matériau ou le produit : 1 ppm),
- substances de la **liste B** (seuil limite de concentration autorisé dans le matériau ou le produit : 100 ppm).

Quant à l'entreprise **Schneider Electric**, elle distingue :

- les substances interdites d'une part, celles qui sont effectivement interdites par les lois comme l'amiante, le plomb, l'arsenic … ou fortement réglementées : elles ne sont pas utilisées par tous les sites du groupe,
- les substances "déconseillées" d'autre part : leur emploi est laissé au choix des directeurs techniques de chaque site. Cette catégorie est représentée par les substances fortement visées par des projets de réglementation.

Aucun seuil de concentration n'est pris en compte comme dans le cas des listes Philips.

Une des principales critiques de ces listes réside dans le discrédit imputé, parfois à tort, à certaines substances, sans se soucier du contexte d'utilisation. Beaucoup de listes sont en effet trop contraignantes et l'interdiction systématique de plus en plus de matériaux sous prétexte qu'ils sont toxiques n'est pas toujours justifiée. Ainsi, un produit toxique mais dont le flux est maîtrisé et contenu tout au long du cycle de vie du produit, ne posera a priori aucun problème à l'environnement.
Un groupe de travail s'est à ce propos constitué au sein de la Commission Environnement de la FIEEC. Il est farouchement opposé au principe même de ces listes en estimant que leur utilisation ne peut conduire qu'à une stérilisation de la créativité des entreprises et à

une uniformisation des produits. A cela, il faut compter sur la possibilité qu'« *elles encouragent les autorités à réglementer toujours davantage sans réellement s'appuyer sur des investigations scientifiques, techniques, économiques et/ou environnementales approfondies* » (propos du responsable de ce groupe de travail).
L'usage d'une substance devrait être ainsi réglementé lorsqu'un impact environnemental est avéré, tout en précisant les domaines d'application concernés (le plomb dans les peintures, par exemple).
Pour répondre à la menace de ces bannissements, l'Orgalime[11], sur proposition du groupe de travail de la FIEEC, a mis en place une commission dans le but d'établir un dialogue constructif avec la Commission Européenne. Cette commission est chargée de recueillir les informations techniques qui permettront d'éviter des mesures de bannissement non fondées, ou de négocier des périodes de transition acceptables permettant la mise en place de nouvelles solutions alternatives.
Ces travaux sont bien entendu en rapport avec la préparation de la future Directive Européenne sur les produits électriques et électroniques en fin de vie, laquelle prévoit l'interdiction de l'emploi du plomb, du mercure, du cadmium, du chrome hexavalent, des retardateurs de flamme halogénés (PBBs et PBDEs) et des alliages cuivre-béryllium au 1er Janvier 2004.
La polémique est basée sur le fait que l'interdiction de l'emploi d'une substance :

- doit être fondée sur une argumentation scientifique,
- peut occulter des possibilités de recyclage de produits usagés (de 10, 20 ou 30 ans) contenant ces substances,
- peut mettre en danger la pérennité d'une industrie, comme celle du zinc lors de l'interdiction du cadmium.

« *L'interdiction d'une substance ne devrait en fait être acceptée que lorsque le substitut qui réunit les conditions de performances techniques, sécurité, faisabilité économique, et moindre impact sur l'environnement, existe* » , précise le responsable du groupe de travail de la FIEEC.

La Communauté Européenne semble donc vivement critiquée sur le fait d'interdire avant même d'avoir évaluer les risques réels représentés par telle ou telle substance et encourager la recherche de nouvelles solutions.
Dans le cas du cadmium notamment, son interdiction pourrait bien ruiner toute une économie et faire disparaître les quelques 10000 emplois concernés par la production et le recyclage des batteries NiCd (réglementé par la Directive EU n°91/157), l'une des deux principales utilisations du Cd, avec le revêtement anti-corrosion des structures

[11] ORGALIME : Groupe de liaison des industries européennes mécaniques, électriques, électroniques et de travail des métaux.

métalliques. A ce jour, en effet aucune solution de remplacement économique, fiable et plus respectueuse de l'environnement n'a encore été trouvée dans les deux cas …
Le constat est identique pour le plomb (utilisé dans les soudures), pour lequel il existe des alternatives plus chères et plus impactantes sur l'environnement, et le chrome hexavalent (utilisé dans les réfrigérateurs), présentant des risques environnementaux indéniables mais bien maîtrisés.
Force est de constater enfin que les Directives Européennes manquent d'homogénéité, puisque dans le cas du plomb, son emploi dans les soudures est interdit par la future directive sur les produits électriques et électroniques mais non concerné par la directive sur les automobiles également en préparation … Si réglementation il y a pour un type d'application, pourquoi différencier les domaines d'activité ?

On pourra trouver dans la littérature ou les documents internes d'entreprises, les listes de substances suivantes :

- ✔ La liste de substances chimiques de l'U.S. Clean Air Act (1990)

- ✔ Dans l'électrique et l'électronique, la liste de substances chimiques visées par la réglementation, utilisée par les associations européennes de fabricants de produits électriques et électroniques : EACEM-ECTEL-EECA-EUROBIT (en collaboration avec le CEFIC -Conseil Européen de l'Industrie Chimique-).
  Cette liste précise les domaines d'application concernés par des interdictions ou des limites d'utilisation, conformément au souhait du groupe de travail de la FIEEC.

- ✔ Dans l'automobile, les listes noire, grise et blanche de VOLVO ; la liste <u>noire</u> présente les substances qui ne doivent pas être utilisées dans l'entreprise, la liste <u>grise</u> présente celles dont l'utilisation doit être limitée et la liste <u>blanche</u>, les substances de substitution possibles.

1.2.7. Points de vue sur les outils d'évaluation à dominante qualitative

Chacun des outils précédemment décrits présente à notre sens des avantages et des inconvénients parfois majeurs, pour leur utilisateur. Le tableau 6 suivant résume les points principaux à souligner.

Outils	Avantages	Inconvénients
Matrices	– Facilité d'élaboration. – Etude multicritère et multiphase plus simple et rapide qu'une ACV. – Mode de représentation des résultats très explicite (points sur une cible pour la matrice AT & T).	– Matrices AT & T et Motorola : notation subjective des impacts (par critère et phase du cycle de vie). – Matrice MET : Exploitation des résultats parfois mal aisée.
Evaluation basée sur la réglementation	– Lien entre problèmes environnementaux et réglementation (critère très important pour les industriels).	– Difficulté de baser une évaluation de performance environnementale de produits par rapport à des textes réglementaires en perpétuelle évolution. – Quel niveau de prise en compte des textes de lois (national, européen, …) ?
Indice écologique	– Evaluation chiffrée simple : "notes" attribuées à différents produits facilement comparables.	– Choix des critères et des pondérations totalement subjectif.
Eco-compass	– Evaluation et choix de nouvelles solutions de conception - amélioration ou innovation - relativement aisés, par rapport à une situation de référence.	– Notation qualitative subjective. – Evaluation longue si les six critères à la fois sont pris en compte.
Check-list	– Réponses rapides à quelques questions simples. – Bonne évaluation environnementale d'ensemble sur un produit fini ou en cours de conception. – Outil connu et très apprécié des industriels.	– Evaluation trop subjective par rapport aux questions posées. – Nécessité d'utiliser des check-lists relativement courtes (2 à 3 pages maximum).

… / …

Outils	Avantages	Inconvénients
Liste de matériaux	– Substances interdites ou autorisées clairement énoncées.	– Elimination arbitraire de certaines substances dont aucun substitut n'existe dans des conditions économiques raisonnables.

Tableau 6 : Points de vue sur les outils d'évaluation environnementale à dominante qualitative.

1.3. Conclusion

D'après la littérature et l'enquête sur le terrain, il semble que d'une manière quasi générale peu d'entreprises se soient réellement lancées dans des études environnementales d'évaluation complète de leurs produits. Ces derniers étant souvent complexes dans le domaine électrique et électronique, des études du type Analyse du Cycle de Vie sont quelque peu redoutées.
L'approche "ACV" paraît néanmoins intéressante pour certains puisqu'elle peut permettre d'identifier les points faibles des produits analysés que l'on veut reconcevoir et servir de base pour l'élaboration de normes ou recommandations internes à l'entreprise, mais l'absence de consensus général sur les valeurs des pondérations et la subjectivité de l'interprétation des résultats suscitent des doutes quant à sa fiabilité.

D'autres études sont parfois préférées ; elles correspondent à des analyses plus succinctes à l'aide de matrices (AT&T Matrix), de check-lists, d'inventaires de matériaux ou encore de calculs de coûts environnementaux.

Ces outils ayant permis d'évaluer une situation, "l'existant", l'entreprise et plus particulièrement ses équipes de conception, vont alors avoir besoin d'autres outils pour générer des solutions d'améliorations.

2. OUTILS D'AMELIORATION DE LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE DES PRODUITS

Ces outils vont aider l'équipe de conception dans sa démarche de recherche de solutions en la guidant et lui donnant des conseils en matière de stratégies possibles à adopter. Celles-ci dépendront des objectifs et des priorités fixées par la direction de l'entreprise. Au cours de la démarche, l'équipe pourra évaluer les alternatives de conception choisies à l'aide de certains de ces outils qui permettent aussi d'évaluer les options ou à l'aide des outils d'évaluation précédemment évoqués.

Les tableaux 7 et 8 suivants reprennent les différents éléments répertoriés.

Outils d'amélioration de la conception environnementale des produits			
Types d'outils disponibles		**Exemples & références**	**Caractéristiques principales**
Norme	**Consensuelle : Générale**	AFNOR FD X 30-310 (éco-conception) AFNOR NF ISO 11469 (marquage des pièces)	**Donne au lecteur des définitions, des principes généraux pour intégrer l'environnement**
		AFNOR ISO Guide/CEI 64 (pour les concepteurs de normes)	**Préconisations pour intégrer l'environnement dans les normes**
	Consensuelle : Sectorielle	AFNOR NF R 10-401 & NF XP R 10-402 (Automobile)	**Donne au lecteur des définitions, des principes adaptés au secteur pour intégrer l'environnement**
	Interne à l'entreprise	Norme élaborée par les constructeurs automobiles pour leurs fournisseurs dans l'objectif de l'Accord Cadre (1993)	**Principes et règles à suivre adaptés à l'entreprise**
Liste	**Guidelines**	Conception pour une meilleure éco-efficacité WBCSD (USA, 1995)	**Recommandations à suivre selon les axes stratégiques choisis**
		Guidelines de Philips	
		Guidelines de conception en vue du désassemblage et du recyclage [DOWIE 95]	
		Tableau de compatibilité des matériaux thermoplastiques	**Associations de matériaux possibles ou non en vue du recyclage**
	Check-list	Ecodesign Strategy Wheel [BREZET *et al.* 97]	**Liste de questions classées par axe stratégique d'écoconception avec lignes directrices possibles ; visualisation sur une cible de la position du produit pour chaque axe**
		Product Improvement Matrix, AT&T (USA) [GRAEDEL *et al.* 96]	**Liste de questions permettant d'imaginer des voies d'amélioration par rapport à l'existant**
	Liste de matériaux	Listes noire, grise et blanche Volvo (Suède) …	**Noire : Matériaux à bannir** **Grise : Matériaux à limiter (seuil)** **Blanche : Substances de substitution**
	Approche d'écolabellisation	Ecolabel européen, NF Environnement (France), Ange Bleu (Allemagne), Cygne Blanc (Pays Nordiques), …	**Mise en place de critères écologiques à respecter pour l'obtention de l'écolabel** **Voies à suivre puis évaluation à l'aide d'une ACV**

Tableau 7 : Liste 1 des outils d'amélioration de la conception environnementale du produit.

Outils d'amélioration de la conception environnementale des produits			
Types d'outils disponibles		**Exemples & références**	**Caractéristiques principales**
Guide	**Général**	Eco-conception : Une approche prometteuse pour une production et une consommation soutenables [BREZET *et al.* 97]	**Guide pédagogique très complet pour informer, éduquer (approche globale)**
		Conception intégrant le cycle de vie - un manuel pour PME [BEHRENDT *et al.* 97]	**Guide pragmatique plus spécifiquement destinés aux PME**
		Manuel de conception de produits électroniques respectueux de l'environnement [BERGENDAHL *et al.* 95]	**Manuel spécifique donnant des instructions de conception (assemblages, matériaux, composants, emballages, ...)**
		ICER Guidelines - Conception pour le recyclage d'équipements électroniques et électriques [ICER 97]	**Guide succinct sur la conception en vue de valoriser un produit en fin de vie *Matrice d'options "fin de vie"* pour choisir le mode de conception du produit**
		Gestion du cycle de vie environnementale - Guide pour de meilleures décisions commerciales [ENV. CANADA 97]	**Guide très didactique sur la GCV, Gestion du Cycle de Vie, son concept, son application dans l'entreprise et quelques outils simples à utiliser**
		Conception en vue de désassembler [KAHMEYER 95]	**Guides conçus pour aider le concepteur à fabriquer un produit facile à valoriser en fin de vie**
		Conception en vue de démanteler [SIMON 91]	
		DFR Standards : Concevoir des produits techniquement recyclables, VDI 2243 [BEITZ *et al.* 91]	**Recueil de principes afin d'optimiser le recyclage dès la conception**
	Interne à l'entreprise	PHILIPS [MEINDERS 97a]	**Manuel présentant la politique environnementale de PHILIPS, l'éco-conception et son intégration dans le développemnt des produits, des outils, ...**
		SCHNEIDER ELECTRIC [LAURENT 96]	**Manuel avec des principes de base, les principales caractéristiques d'un écoproduit, des règles de conception, des outils d'aide à la décision, ...**
Logiciel	***Cf tableaux spécifiques***		
Outil Organisationnel	**Analyse de la valeur**	[DELAFOLLIE 91]	**Méthode de recherche, pour un produit, de la meilleure adéquation à un besoin en mettant en jeu un minimum de ressources (coût) [Analyse fonctionnelle incluse]**
	Ingénierie Concourante	[FOULARD 94]	**Approche prenant en compte le cycle de vie du produit depuis sa conception jusqu'à son exploitation en incluant la qualité, les coûts, la planification et le besoin des utilisateurs (tous les services mobilisés)**
Autres ...	***cf texte***		

Tableau 8 : Liste 2 des outils d'amélioration de la conception environnementale du produit.

2.1. Normes

Ce sont des supports "papier" qui vont donner des recommandations d'action(s) au concepteur ou des moyens pour l'aider parfois à satisfaire des réglementations.

2.1.1. Normes consensuelles

Sont appelées normes consensuelles, les normes qui sont issues d'un processus de consensus entre plusieurs acteurs. C'est le cas des normes NF (Norme Française) ou ISO (International Standard Organisation) pour lesquelles statuent des commissions de normalisation.
Il existe d'abord des ***normes générales*** qui s'appliquent à toutes les entreprises. Elles sont composées de définitions et de principes de conception (réduction des impacts, penser cycle de vie, "moins c'est mieux", ...) et visent à aider le concepteur à intégrer rationnellement la réduction des impacts sur l'environnement.
Un exemple type est le fascicule documentaire **FD X 30-310** [AFNOR 98] : "Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits - Principes généraux et application- Lignes directrices".

Remarque : Ce fascicule documentaire justifie la volonté française de se démarquer des autres pays de la Communauté Européenne puisque la France est le premier pays à proposer une norme pour une conception respectueuse de l'environnement.

Sont exposés dans ce document des principes généraux qui aideront l'entreprise à construire sa propre démarche environnementale, selon la nature même de ses produits.
Le fascicule se veut un outil d'accompagnement de l'industriel en abordant les cinq principes essentiels à appréhender :

1. Prise en compte globale de l'environnement, par l'approche multicritère ou "cycle de vie",
2. Intégration de l'environnement dans les méthodes de conception,
3. Utilisation de méthodes et d'outils d'évaluation,
4. Combinaison de stratégies de réduction des impacts potentiels : optimisation du service rendu par le produit, préservation des ressources, réduction des pollutions, des déchets et des nuisances,
5. Dialogue et partenariat : prise en compte du point de vue des divers acteurs impliqués, information pour les consommateurs et les professionnels (notamment ceux des opérations de fin de vie).

L'entreprise pourra trouver dans une série d'annexes outre des informations sur l'ACV et une méthode d'évaluation simplifiée (ESQCV, présentée précédemment) avec leur place respective dans une démarche d'évaluation environnementale, un exemple d'intégration d'une méthode d'évaluation dans une démarche de conception et une liste non exhaustive d'indicateurs pouvant être utilisés pour prendre en compte et évaluer les impacts environnementaux les plus significatifs associés au produit.
Ce document a été présenté à San Fransisco dans le cadre des travaux de management environnemental de l'ISO et servira d'ossature pour une future norme internationale.

On pourrait également évoquer la norme **NF ISO 11469** relative au marquage des plastiques : "Identification générique et marquage des produits plastiques" [AFNOR 94].

Le **guide ISO 64** : "Guide pour l'introduction des aspects environnementaux dans les normes de produit" [AFNOR 97], quant à lui, a pour cible les concepteurs de normes ; son objet principal est de faire intégrer l'environnement dans tous les textes de normalisation et ce au niveau général.

Des ***normes sectorielles*** concernent, quant à elles, un domaine d'activité spécifique.
C'est le cas de la norme **R 10-401** : "Véhicules routiers : Traitement des Véhicules Hors d'Usage (VHU) - Dépollution et désassemblage des pièces non métalliques, Fiche technique" [AFNOR 93] ou de la norme encore expérimentale **XP R 10-402** : "Véhicules routiers – Conception des véhicules en vue de l'optimisation de leur valorisation en fin de vie" [AFNOR 96b].

2.1.2. Normes internes aux entreprises

Beaucoup d'entreprises développent des normes en interne dans le but d'accroître la prise en compte de l'environnement à l'intérieur des sites, mais également au niveau de la filière du produit, c'est-à-dire chez leurs fournisseurs.
Ainsi, au niveau de l'application de l'Accord-Cadre[12] signé le 10 Mars 1993 au sein du secteur automobile, des normes ont été établies et sont en particulier destinées aux

[12] Accord-Cadre : Accord volontaire signé par les industries automobiles françaises pour l'engagement dans la voie de l'amélioration de la recyclabilité des véhicules. Cet accord associe les constructeurs automobiles français, les producteurs de matériaux et les équipementiers, les professionnels de la récupération et du recyclage, sous l'égide des pouvoirs publics (Ministères de l'Environnement et de l'Industrie). Prônant un apprentissage collectif à responsabilité partagée, il précise les objectifs volontaires suivants pour réduire la mise en décharge des déchets issus du traitement des VHU (ou Véhicules Hors d'Usage) et ainsi respecter les lois du marché :

- En 2002 : Taux de valorisation des véhicules de 85% en poids (15% en décharge avec un plafond de 200 kg)
- En 2015 : Taux de valorisation des véhicules de 95% en poids

fournisseurs des constructeurs, les équipementiers, et aux industriels de la démolition, de la récupération et du recyclage.
Les équipementiers doivent ainsi s'engager à :

- intensifier les efforts en matière de Recherche & Développement afin d'utiliser des matériaux à taux de valorisation croissant et de plus en plus de matériaux recyclés,
- intégrer les contraintes techniques et économiques du retraitement dans la conception des nouveaux modèles,
- généraliser le marquage des pièces.

De leur côté les industriels de la fin de vie doivent s'engager à :

- Respecter le principe selon lequel tout opérateur assume, dès lors qu'il prend en charge un véhicule hors d'usage, la responsabilité de son retraitement complet,
- A prendre en compte les informations techniques fournies par les constructeurs afin d'obtenir des résultats de retraitement conformes aux objectifs,
- A intensifier leurs efforts pour mettre au point et développer des méthodes de retraitement et des filières de valorisation techniquement et économiquement plus efficaces,
- A assurer, en liaison avec les constructeurs, la diffusion auprès des professionnels de l'automobile des informations permettant de faciliter le retraitement des véhicules hors d'usage,
- …

2.2. Listes

Les listes, utilisées pour évaluer un produit, peuvent également servir à guider une équipe sur la voie de l'amélioration de la conception d'un point de vue environnemental.

2.2.1. Guidelines & Check-lists

Certaines listes fournissent au concepteur, outre des bases d'évaluation du produit, des éléments de choix de stratégies d'éco-conception possibles en lui proposant plusieurs types d'action.

Les ***check-lists*** sont plutôt basées sur des questions dont les réponses vont guider le concepteur ; les ***guidelines*** (ou lignes directrices) sont quant à elles constituées de principes ou recommandations à suivre.

C'est le cas des guidelines **Conception pour une meilleure éco-efficacité**, développées par le W.B.C.S.D. (World Business Council for Sustainable Development), qui donnent les recommandations suivantes :

- Réduire la quantité de matériaux utilisés pour les biens et les services,
- Réduire le contenu énergétique des biens et des services,
- Réduire les risques de dispersion de substances toxiques,
- Accroître la recyclabilité des matériaux,
- Maximiser l'emploi durable de ressources renouvelables,
- Accroître la durabilité des produits,
- Accroître le service rendu par les biens et les services.

Les **Guidelines de conception pour le désassemblage et le recyclage** [DOWIE 95] sont elles réparties en trois sections relatives aux trois domaines à considérer lorsqu'il s'agira de désassembler les produits arrivés en fin de vie pour un recyclage éventuel : matériaux, connexions entre composants et structure même du produit.
On pourrait également citer en exemple les guidelines de Renault **Conception pour le recyclage**, lesquelles présentent les axes forts de la conception en vue du recyclage (dépollution du véhicule, démontage pour le recyclage, broyage de la voiture, puis valorisation énergétique des résidus de broyage) ; des règles se déclinant sur ce schéma sont ensuite décrites [FROELICH *et al.* 96].

Le **tableau de compatibilité des matériaux thermoplastiques**, présenté dans la figure 5, peut aussi être utilisé comme outil de conseil type "guidelines" en permettant au concepteur d'éviter des associations de plastiques dans les produits, entravant toute possibilité de recyclage en fin de vie.

COMPATIBILITE DE RECYCLAGE DES MELANGES THERMOPLASTIQUES

+	**Bonne compatibilité**
▪	**Compatible si petit volume d'additif (moins de 2%), à éviter si possible**
-	**Incompatible, à éviter absolument**

plastique majoritaire \ plastique additif	ABS	ASA,SAN	PA	PBT	PC	HDPE	PMMA	POM	PP	PPE/ S-B	PS	TPU
ABS		+	-	-	+	▪	+	-	▪	▪	▪	+
ASA,SAN	+		-	-	+	▪	+	-	▪	▪	▪	+
PA	▪	▪		▪	-	▪	▪	-	▪	▪	▪	+
PBT	▪	▪	▪		+	-	▪	-	▪	▪	▪	▪
PC	+	+	-	+		-	+	-	▪	▪	▪	+
HDPE	-	-	-	-	-		▪	▪	▪	▪	▪	▪
PMMA	+	+	-	-	+	▪		-	▪	▪	▪	+
POM	▪	▪	-	-	-	▪	-		▪	▪	▪	+
PP	▪	▪	-	-	▪	▪	▪	▪		▪	▪	▪
PPE/ S-B	▪	▪	-	-	▪		▪	-	▪		+	▪
PS	▪	▪	-	-	▪	▪	▪	-	▪	+		▪
TPU	+	+	-	-	▪	▪	▪	-	▪	▪	▪	

Figure 5 : Tableau de compatibilité des matériaux thermoplastiques (Green Pages de Philips, 1995).

Chaque entreprise peut également disposer de ses propres guidelines développées par des services spécialisés Environnement-Produit (ou Accompagnement-Produit, Product Stewardship) ou le bureau d'étude lui-même.

La check-list **Roue des stratégies d'éco-conception** (LiDS-wheel -Life cycle Design Strategies- ou Eco-Wheel) [BREZET *et al.* 97], quant à elle, est bien un outil d'amélioration de la conception environnementale mais c'est avant tout un ***outil multiple***. Il se présente sous la forme d'une représentation graphique circulaire de huit axes stratégiques sur une échelle de 0 à 5 où 0 représente, pour un axe particulier, un mauvais "comportement environnemental" du produit, figuré au centre de la cible. Ces axes sont les suivants :

1. Choix de matériaux peu impactants
2. Réduction de l'emploi de matériaux
3. Techniques de production propres
4. Distribution efficace (logistique)
5. Extension de la durée de vie du produit
6. Réduction des impacts en cours d'utilisation
7. Optimisation de la fin de vie
8. Nouveau concept (dématérialisation, service)

Une liste de questions (Ecodesign Check-list) va d'abord permettre au concepteur d'évaluer un produit existant et le positionner sur la cible en attribuant des notes de 0 à 5 pour chaque axe. C'est la partie ***évaluation*** qui permet de visualiser le "profil" d'un produit actuel (forme obtenue en reliant les points placés sur les axes).
Dans un projet de reconception par exemple, la seconde étape va consister à définir les priorités de conception pour l'environnement en pointant sur la cible les axes sur lesquels on souhaite s'améliorer (notamment pour ceux où la note est proche de 0, 1 ou 2). On peut parler dans ce cas d'***outil stratégique*** mais aussi d'***outil de communication*** interne et externe : l'entreprise peut montrer à son personnel, ses partenaires, ses concurrents, voire même ses clients dans quelle direction elle souhaite focaliser ses actions. Plus la différence de surface entre le profil du produit existant et celui du nouveau sera grande, plus la stratégie d'entreprise en matière d'éco-conception sera qualifiée d'ambitieuse.
La dernière fonctionnalité de l'Eco-Wheel, est bien la partie ***aide à l'amélioration de la conception pour l'environnement***. Aux questions de l'Ecodesign Check-list, relatives à chaque étape de la vie du produit, correspondent un certain nombre d'options d'amélioration, classées par axe stratégique. Ces options vont permettre au concepteur dans une troisième étape d'orienter ses recherches technologiques pour une meilleure conception.

Des check-lists comme celles utilisées pour chaque élément de la matrice **Product Improvement Matrix** de AT&T (présentée comme un outil d'évaluation à dominante qualitative), vont aussi permettre d'améliorer la conception écologique des produits en fournissant un certain nombre de moyens d'actions.

Les questions suivantes sont extraites des check-lists utilisées avec la matrice AT&T [GRAEDEL *et al.* 95] :

Elément (1,1) de la matrice : Etape du cycle de vie : extraction des ressources ; critère environnement : choix des matériaux.

Questions :

- Est-ce que tous les matériaux utilisés pour remplir la fonction sont les moins toxiques et les plus respectueux de l'environnement ?
- Est-ce que le produit est conçu pour minimiser l'emploi de matériaux rares ?
- Est-ce que le produit est conçu pour utiliser des matériaux recyclés dès que c'est possible ?

Elément (5,5) de la matrice : Etape du cycle de vie : recyclage / fin de vie ; critère environnement : résidus gazeux.

Questions :

- Est-ce que les gaz contenus dans le produit peuvent être récupérés lors du désassemblage plutôt que perdus ?
- Est-ce que la récupération et la réutilisation des matériaux génèrent des résidus gazeux ?
- Est-ce que les pièces de plastique peuvent être incinérées sans exiger d'appareillage de nettoyage sophistiqué ?

2.2.2. Listes de matériaux

Ce sont les mêmes listes que celles qui sont utilisées pour évaluer un produit existant. Elles peuvent être utilisées en tout début du processus de conception (conception préliminaire par exemple) pour identifier les matériaux dont l'utilisation est à éviter ou à minimiser.
VOLVO utilise par exemple ses listes noire, grise et blanche.

2.2.3. Approches d'écolabellisation

Elles consistent à respecter une liste de critères bien définis correspondant aux qualités environnementales que doit présenter tout produit pour lequel on souhaite obtenir un label. La démarche est la même pour l'attribution des écolabels officiels, l'écolabel européen ou les labels nationaux (NF Environnement en France, l'Ange Bleu en Allemagne, le Cygne Blanc dans les pays nordiques, ...).
La liste des critères est toujours spécifique à un type de produit particulier et revue régulièrement. Ces critères sont la plupart du temps classés en deux catégories, les critères écologiques et l'aptitude à l'usage, et reflètent généralement correctement les impacts environnementaux significatifs du produit. Ils figurent dans un cahier des charges élaboré en concertation avec les différentes parties intéressées (industriels, distributeurs, consommateurs, associations de protection de l'environnement et pouvoirs publics) [BOEGLIN 98]. Pour chaque critère sont définis un seuil d'acceptabilité ou niveau d'exigence et un mode de preuve (norme, directive, déclaration du fabricant et /ou vérification par l'auditeur).

Les écolabels concernent une catégorie relativement restreinte de types de produits, en particulier l'écolabel français NF-Environnement[13]. Une entreprise intéressée par l'obtention de ces écolabels cherchera, lors de la reconception d'un produit du type concerné, à satisfaire les critères exigés retenus.
C'est en ce sens qu'on peut considérer qu'une volonté d'écolabelliser son produit va amener une entreprise à sensibiliser ses équipes de conception ; les critères à prendre en compte pourront guider les concepteurs dans leur démarche.

2.3. Guides

Les guides sont des documents plus élaborés que les "simples" guidelines ou check-lists. Ils se veulent d'une approche globale et détaillée en termes d'informations fournies à l'utilisateur.
Ils seront, pour la plupart, plus utiles aux responsables de service, Environnement en particulier, ou à la direction qu'aux concepteurs plus familiarisés à l'emploi de check-lists ou de listes d'instructions relativement succinctes.
On peut distinguer les guides généraux des guides spécifiques développés en interne dans les entreprises.

2.3.1. Guides généraux

Ils contiennent des lignes directrices générales, des recommandations ou principes qui vont guider le concepteur dans des voies de recherche. Une différence sensible avec les listes est le côté pédagogique des guides ; ils visent effectivement d'une part à éduquer et sensibiliser et d'autre part à développer les connaissances des personnes à qui ils sont destinés.
Ces guides, avec une approche globale et une démarche progressive, regroupent l'ensemble des opérations à réaliser pour réussir le challenge de l'éco-conception.

C'est le cas du manuel développé par l'équipe du professeur H. Brezet de Delft (Pays-Bas) dans le cadre d'un projet PROMISE (PROduktontwikkeling met Milieu als Innovative Strategie) de coopération entre douze organisations et publié depuis 1997 par le PNUE[14] :

[13] Ecolabel NF-Environnement : les produits concernés sont les peintures, les vernis et produits connexes, les sacs-poubelles, les colles pour revêtement de sols, les auxiliaires mécaniques de lavage, les aspirateurs traîneaux. Sont exclus les produits pharmaceutiques et agro-alimentaires, les services et le secteur automobile.
[14] PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement (Paris).

Eco-conception : une approche prometteuse pour une production et une consommation soutenables [BREZET *et al.* 97].

L'approche du manuel comprend les 7 étapes suivantes, cheminement que devra suivre l'équipe de conception, dans le cadre d'un projet d'éco-conception selon H. Brezet[15] :

1. Planification et organisation d'un projet
2. Sélection du produit
3. Etablissement d'une stratégie d'éco-conception
4. Brainstorming et sélection de nouvelles solutions pour le produit
5. Détails de conception ; développement
6. Communication et introduction du produit sur le marché
7. Evaluation du projet par le retour d'expérience

Après un paragraphe sur les enjeux et l'importance stratégique de l'éco-conception et une définition même du concept comparé à d'autres approches environnementales dans l'entreprise, les sept étapes de la démarche sont décrites très scrupuleusement, étayées de schémas et principes simples et d'exemples très concrets (projets en entreprise).

Le manuel comporte ensuite plusieurs modules détaillant successivement :

- les diverses stratégies possibles d'éco-conception
- l'optimisation de la fin de vie des produits
- des méthodes d'analyses de cycle de vie
- des méthodes de calculs du coût du cycle de vie
- des exemples de groupes de travail à constituer sur tel ou tel thème
- des données sur les politiques environnementales européennes en matière de produits, le marketing vert et les écolabels
- des données sur les problèmes écologiques principaux : effet de serre, acidification atmosphérique, trou de la couche d'ozone, smog, …
- une liste de l'ensemble des équipes de recherche d'écoles ou d'universités, des associations, des cabinets-conseils et entreprises concernées, dans le monde, par l'éco-conception
- Huit fiches de travail à remplir aisément et rapidement par le personnel d'une entreprise concerné par un projet particulier d'éco-conception ; elles ont pour objectif de faciliter l'approche en résumant les principales tâches à réaliser :

[15] **Nous avons évoqué ce cheminement dans le paragraphe sur les modèles de processus d'éco-conception proposés dans la littérature ; il est représenté sur la figure 16 de la partie 1 "L'Eco-conception dans l'entreprise".**

(a) Planning du projet
(b) Positionnement du futur produit sur le marché par rapport à sa valeur "verte"
(c) Matrice M.E.T.
(d) Moteurs internes à l'entreprise
(e) Moteurs externes à l'entreprise
(f) Options d'amélioration de l'éco-conception
(g) Matrice des priorités (faisabilités technique et économique, opportunités de marché, …)
(h) Roue des stratégies d'éco-conception

Un guide similaire destiné aux petites et moyennes entreprises désireuses de s'investir dans un tel projet est le résultat d'un programme de recherche européen 1995/1996, « *Conception intégrant le cycle de vie – Développement de méthodes et lignes directrices pour concevoir des produits complexes respectueux de l'environnement* », avec quatre équipes universitaires[16].

Ce guide, **Conception intégrant le cycle de vie – un manuel pour PME** [BEHRENDT *et al.* 97], s'applique spécifiquement sur les produits complexes qui présentent plusieurs points faibles environnementaux.
Après une brève présentation du processus de conception, de ses différentes étapes, des acteurs concernés (équipe de conception, chaîne du produit et acteurs externes : clients, groupes de pression, organismes de réglementation, gouvernement, …) et des outils disponibles pour évaluer et améliorer le produit vis-à-vis de l'environnement, sont décrits treize principes d'éco-conception auxquels sont associés plusieurs critères qui facilitent la compréhension du principe.
Chaque principe fait l'objet d'un chapitre à la fin duquel une liste de contrôle permet de vérifier si, pour chaque critère, la situation est idéale (**A** : critère bien pris en compte), acceptable (**B** : critère peu pris en compte) ou à modifier (**C** : critère non pris en compte).

[16] Equipes universitaires : IZT Institute for Futures Studies and Technology Assessment (Allemagne), IVAM University of Amsterdam, Interfaculty Department of Environmental Science (Pays-Bas), IÖW Institute of Research on Ecological Economy (Autriche) and INETI National Institute of Engineering and Industrial Technology (Portugal).

Les 13 principes d'éco-conception sont les suivants :

P1	*Atteindre une efficacité environnementale doublée d'une fonctionnalité optimale*
P2	*Sauvegarder les ressources*
P3	*Utiliser des ressources renouvelables et disponibles en quantité suffisante*
P4	*Accroître la durabilité du produit*
P5	*Concevoir pour réutiliser le produit*
P6	*Concevoir pour recycler les matériaux*
P7	*Concevoir pour désassembler*
P8	*Limiter l'emploi de substances dangereuses*
P9	*Produire en respectant l'environnement*
P10	*Minimiser l'impact environnemental du produit au cours de son utilisation*
P11	*Utiliser des emballages respectueux de l'environnement*
P12	*Eliminer les matériaux non recyclables en respectant l'environnement*
P13	*Introduire une logistique respectueuse de l'environnement*

Figure 6 : Treize principes d'éco-conception, extrait du manuel "Conception intégrant le cycle de vie – un manuel pour PME".

Le dernier chapitre du guide, enfin, est constitué de plusieurs exemples industriels concernant des éco-produits aussi divers qu'un téléviseur, un copieur, une station de travail informatique, un réfrigérateur, …. Ces exemples se révèlent très utiles et prisés des industriels puisqu'ils prouvent l'efficacité de l'éco-conception : «*d'autres l'ont fait, et ça marche … ».*

D'autres guides plus succincts existent tel que le **Manuel pour la conception de produits électroniques respectueux de l'environnement** [BERGENDAHL *et al.* 95], qui, après quelques principes de bases, donne des instructions très précises sur le choix des composants électroniques, les techniques éco-compatibles d'assemblage des pièces mécaniques, le marquage des plastiques, … . En fin de guide une simple liste de contrôle synthétise l'ensemble de *ce qu'il faut faire et ne pas faire*. Dans le même domaine les ICER[17] Guidelines, **Conception pour le recyclage d'équipements électroniques et électriques** [ICER 97] donnent également quelques principes généraux, des suggestions de conception pour le recyclage et expliquent en particulier qu'il est nécessaire d'établir une stratégie de conception pour pouvoir valoriser le produit en fin de vie. Il est ainsi conseillé d'élaborer une matrice d'options "fin de vie"[18] à partir de laquelle pourra être

[17] ICER : Industry Council for Electronic equipment Recycling (Royaume-Uni).

[18] Options "fin de vie" possibles : Re-fabrication, revente, remise à niveau, recyclage (matériaux), élimination (décharge ou incinération) ; selon l'option visée, les règles de conception varient. Pour les 5 options, 31 règles générales sont proposées dans la matrice du guide de l'**ICER**.

choisie la stratégie de conception du produit permettant de le valoriser au mieux et atteindre les objectifs fixés dans le cadre de l'option visée.

Le guide **Gestion du cycle de vie environnementale - Guide pour de meilleures décisions commerciales**, édité par Environnement Canada [ENV. CANADA 97], est lui encore relativement bref et construit très simplement autour du concept de GCV (Gestion du Cycle de Vie). Il est destiné à n'importe quel type d'entreprise.
Après une introduction très didactique (avec schémas ludiques à l'appui) de définition et de présentation de la GCV, il est décrit ce qu'implique cette GCV pour différents corps de métier dans l'entreprise, un plan d'action à mettre en place et quelques outils simples :

- Un formulaire descriptif des intrants et extrants d'un procédé unitaire,
- Des listes de contrôle du design extraites d'une directive *Design for the Environment* (DfE) de l'Association Canadienne de Normalisation,
- Un tableau avec des critères d'établissement des priorités,
- Un modèle de lettre et de formulaire types à envoyer à un fournisseur pour obtenir sa collaboration,
- Un tour d'horizon de méthodes d'évaluation du cycle de vie (Evaluation du Cycle de Vie, Aperçu du Cycle de Vie, Profil Environnemental).

On pourrait encore citer les ouvrages intitulés comme **Conception pour le désassemblage**, qui offre une approche spécifique pour les différentes étapes de conception [KAHMEYER 91], **Conception pour le démantèlement**, utilisé pour faciliter réemploi, refabrication et recyclage [SIMON 91] ou encore les DFR Standards (VDI 2243) : **Concevoir des produits techniquement recyclables** [BEITZ *et al.* 91].

2.3.2. Guides internes

Ces guides ont été développés par de grandes entreprises comme Philips [MEINDERS 97a], Schneider Electric [LAURENT 96], Sony, Electrolux, ..., dans l'objectif de sensibiliser leurs concepteurs à la problématique de l'intégration de l'environnement dès la conception du produit.
Ce type de guide regroupe la plupart du temps les principes classiques des guides généraux, mais aussi la politique de l'entreprise en matière d'environnement-produit, les normes internes, les réglementations en vigueur à respecter et la description de quelques outils parfois spécifiques à l'entreprise.

2.4. Approches informatisées : les logiciels

Les concepteurs devraient de plus en plus faire appel à des outils informatiques de conception environnementale, qui pourraient s'insérer dans les processus et les systèmes informatiques courants de conception pour ne pas ralentir la mise sur le marché.

2.4.1. A chaque logiciel, sa spécificité

Chaque logiciel peut être caractérisé par sa spécificité. Nous nous sommes efforcés dans nos travaux de recherche d'en établir un classement selon leur type d'approche.

- Les logiciels d'***approche générale*** ***prenant en compte toutes les phases du cycle de vie*** du produit et permettant de choisir des options de conception pour minimiser les effets négatifs sur l'environnement, en phase d'utilisation ou de fin de vie par exemple.

- Les logiciels d'***approche spécifique*** ***focalisée sur un type de conception respectueuse de l'environnement*** comme les logiciels axés sur le DfD ou Conception pour désassembler en fin de vie. Ces outils sont dits d'***approche DfX***.

- Les logiciels d'***approche spécifique*** ***focalisée sur un thème particulier*** comme la ***Prévention de Pollution***.

- Les logiciels d'***approche spécifique*** ***focalisée sur une phase de la vie du produit***.
  On peut en quelque sorte parler d'***approche monophase***.

  Nous avons notamment identifié deux phases du cycle de vie concernées :

  - ✔ ***La fabrication*** : - Choix des fournisseurs
    - Choix des matériaux

  - ✔ ***La fin de vie*** : Tout type de traitement de fin de vie peut être envisagé ; certains logiciels proposent plusieurs alternatives à l'utilisateur.
    Nous pouvons retrouver dans cette catégorie les logiciels d'approche **DfD** précédemment répertoriés.

La plupart de ces logiciels, outre le fait de guider l'équipe de conception dans sa démarche, peuvent lui permettre aussi d'évaluer les caractéristiques environnementales d'un produit existant ou en cours de conception. C'est en particulier le cas des approches de type DfX, DfD, par exemple, avec lesquelles un concepteur va pouvoir analyser le caractère désassemblable d'un produit actuellement sur le marché (produit d'une gamme actuelle ou produit concurrent) et voir les solutions d'améliorations en adoptant une démarche itérative progressive de conception (dans le cas d'une reconception notamment).

Les tableaux 9 à 14 des pages suivantes présentent quelques logiciels[19] ***actuellement disponibles sur le marché* [C] *, en cours de développement* [ED] *ou développés mais jamais commercialisés* [NC] *pour des raisons d'ordre économique, technique, ... Certains dont nous ne savons pas le devenir sont identifiés par un* [?]*.***
Nous les avons identifiés par l'intermédiaire de travaux décrits dans la littérature [POYNER *et al.* 95], [SIMON *et al.* 98], [VEZZOLI 99].
Nous avons répertorié ces logiciels selon l'approche qui les caractérise. A noter que pour des raisons économiques évidentes nous n'avons pu nous les procurer. Nos remarques critiques se basent en fait parfois sur l'étude de versions de démonstration et la plupart du temps sur des publications ou des avis d'utilisateurs.

[19] Un tableau en annexe 4 rapporte le devenir de ces logiciels, dans la mesure où nous disposons des informations, courant février 2000.

I. Approche générale		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
Ecodesign Tool [POYNER *et al.* 96a,b]	MMU (Manchester Metropolitan University, UK) BNR Europe Ltd. (UK)	Outil permettant d'établir une Stratégie de Développement Environnemental de Produit. Développé pour la **société Nortel UK**. Se compose de 5 modules concernant : • intégration d'une stratégie d'éco-conception • conseils • stockage des informations • mémorisation des solutions d'amélioration • « compte-rendu » environnemental Sera lié à des logiciels de CAO (Pro-Engineer). **[?]**
EIME (*Environmental Information and Management Explorer*) [DUBOTS 98]	Ecobilan Schneider Electric IBM Thomson Multimédia, Legrand Alcatel Alsthom Ademe (F).	Fonctionne sur Station Sun. Pour un produit décrit en sous-ensembles : • donne un bilan des impacts environnementaux (d'après une ACV sur 11 critères écologiques) • permet de contrôler la conformité à la réglementation • identifie les améliorations à effectuer • informe et met en garde (à l'aide de messages « *to do* » et « *warning* ») le concepteur quand il construit l'arborescence du produit <u>2 interfaces graphiques possibles</u> : « Designer » et « Expert » et <u>4 "couches" différentes</u> prévues donnant accès ou non à certaines fonctionnalités : *Designer* (fonctionnalités minimales) et *Project Manager* (possibilité de créer de nouveaux projets) sur l'interface Designer, *Expert* sur l'interface Expert (libre accès à tout), et *End-of-Life Manager* (encore invalide). Possibilité d'établir une sorte de carte d'identité du produit pour fournir à des clients, des distributeurs, … **[C]**

… / …

I. Approche générale		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
LEADS II (*Lifecycle Design Strategies Expert System*) [ROMBOUTS 98]	Delft University of Technology (NL)	Système expert permettant de déterminer la priorité de différentes stratégies d'éco-conception dès les premières phases du processus de conception de produits. Base de l'étude : évaluation des différentes stratégies en écopoints, d'après l'utilisation d'une matrice M.E.T. sur les matériaux et procédés choisis. **[ED]**

Tableau 9 : Logiciels d'éco-conception d'approche générale.

II. Approche spécifique : Conception pour désassembler		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
AMETIDE (*A Method for Time Disassembly Estimation*) [GAUCHERON *et al.* 98]	CGDM (Consortium on Green Design and Manufacturing, USA) RENAULT (F) Laboratoire 3S (F)	Optimisation des séquences de désassemblage. Graphe des pénalités en fonction de l'accessibilité des pièces, l'aptitude au contrôle. Plans de macro (process) et micro (produit) désassemblage. **[NC]**
ReGrEd / DisPlay [FELDMANN *et al.* 95]	FAPS (Institute for Manufacturing Automation and Production Systems, D) Institute for Engineering Design, University of Erlangen-Nürnberg (D)	Simulation et calcul des process de désassemblage. • Le module Recyclinggraph Editor (ReGrEd) modélise la structure du produit avec des informations sur le désassemblage et le recyclage. • Le module DisPlay calcule le désassemblage optimal (degré, coût). **[ED]**
ReStar [NAVIN-CHANDRA 93]	Carnegie Mellon University (USA)	Optimisation du désassemblage des produits par l'évaluation du rapport gains économiques / coûts de l'opération. Etude du degré de désassemblage adéquat. A chaque étape, choix de traitement (réutilisation ?, recyclage ?) **[?]**

… / …

II. Approche spécifique : Conception pour désassembler		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
AsTROiD *(Assessment Tool for Recycling Oriented Design)* [HESSELBACH *et al.* 96]	Technical University of Braunschweig (D) Manufacturing Technology Centre (South Korea)	Outil composé de 5 modules : • Niveau de désassemblage du produit • Evaluation par rapport à 30 critères caractérisant le produit et classés en 6 groupes (Structure, Techniques de fixation, Désassemblage - outils, nombre d'opérations, .. -, Matériaux, Segments - accessibilité, maniabilité, … -, Utilisation ultérieure). L'évaluation prenant en compte les différents paramètres ayant une influence sur chaque critère, est relativement complexe (via une formule mathématique adéquate) ; elle aboutit à des valeurs de 0 à 100, comparables pour chaque critère. • Coûts de désassemblage • Temps de désassemblage (permet d'estimer des coûts en fonction du temps nécessaire, de choisir l'outil le plus rapide, de trouver des connexions aisées à désassembler, …) • Séquence de désassemblage (Ordre de démontage à suivre ?) : un graphe et une matrice des priorités de démontage peuvent être élaborés. Cet outil va permettre d'aider le concepteur dans sa tâche en évaluant la "désassemblabilité" du produit au fur et à mesure de sa conception. **[C]**

Tableau 10 : Logiciels d'éco-conception d'approche "DfX" : DfD.

III. Approche spécifique : Prévention de Pollution		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
P2-EDGE (*Pollution Prevention Environmental Design Guide for Engineers*)	U.S. Department of Energy (DOE, USA)	Se compose de 2 modules : *Orientation* : Informations sur la Prévention de Pollution (définition, stratégies possibles) *Analyse* : Aide le concepteur à choisir des options de conception, pour diminuer les flux de déchets. Une check-list lui permet de faire ses choix ; aide d'une base de données où la PP est divisée en 4 catégories : *Réduction à la Source, Recyclage, Traitement, Elimination.* Pour chaque option et chaque catégorie, des fiches permettent au concepteur d'analyser : (avec des exemples, des références) • la difficulté d'intégration d'une option en fonction du potentiel de gain économique • l'étape du processus de conception pour agir • la phase du cycle de vie concernée par PP • le bénéficiaire (projet, site, région) • la technique à employer (existe ou non ?) **[C]**

Tableau 11 : Logiciel d'éco-conception d'approche "Prévention de Pollution".

IV. Approche spécifique à une phase du cycle de vie		
Choix des fournisseurs		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
EcoPurchaser [BERGENDAHL *et al.* 97]	IVF (The Swedish Institute of Production Engineering Research) en collaboration avec 16 entreprises internationales (Ericsson, Philips, Siemens-Elema, Varta, ABB, 3M, ...) EPA suédoise	Se compose de 2 parties principales : • Un questionnaire à élaborer : il va permettre d'évaluer les fournisseurs. Les questions sont réparties en 4 catégories : niveau recommandé et niveau optionnel pour chacune des informations à la fois sur le fournisseur et sur ses produits) • Un outil d'évaluation des réponses fournies au concepteur : outil basé sur un système de matrices. Cet outil va permettre de choisir le fournisseur paraissant le plus respectueux de l'environnement au vu des réponses fournies. **[C]**

Tableau 12 : Logiciel d'éco-conception focalisé sur une phase du cycle de vie : la fabrication, avec le choix des fournisseurs.

IV. Approche spécifique à une phase du cycle de vie		
Choix des matériaux		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
The **Cambridge Eco-Selector (CES)** [WEGST *et al.* 98]	Granta Design Limited (UK) University of Cambridge, (Department of Engineering)	Aide pour le concepteur dans le choix de matériaux performants préservant l'environnement. 2 étapes dans la sélection : • En fonction des propriétés physiques, électriques, thermiques, mécaniques… et de l'impact environnemental de la production du matériau • En fonction d'informations sur les caractéristiques non quantifiables des matériaux : photos de la microstructure, disponibilité, prix, … (disponibles dans le système d'information « Eco-View ») **[ED]**
EuroMAT '97 [FLEISCHER *et al.* 97]	Technical University of Berlin (D)	Sélection qualitative et quantitative des matériaux, d'après des études ACV, des études de coût (prise en compte des données environnementale et économiques sur le cycle de vie complet du produit). Approche "t3i" dans le choix des matériaux : "top-down" (par opposition aux méthodes classiques de choix, "bottom-up", basées sur les compétences en matériaux, parfois limitées, des concepteurs), itérative, interactive et par intégration de plusieurs critères de sélection (faisabilité technologique, recyclabilité, conditions de travail, impacts environnementaux, coût, …). **[ED]**
IdeMat '98[20]	Delft University of Technology (NL)	Outil constitué d'une base de données permettant au concepteur de choisir des matériaux, procédés ou composants, par rapport à des informations techniques (sous forme de données chiffrées, de graphes) et des données environnementales (leur écoindicateur en mPt en particulier, les inputs et outputs de leur processus de fabrication décrit selon une arborescence détaillée, …). La comparaison des matériaux ou procédés peut être réalisée grâce à des tables ou des graphes. Le concepteur peut par l'intermédiaire d'un "filtre" définir certains critères (niveau de propriété, technologies de mise en forme, applications souhaitées) pour faciliter son choix. **[C]**

… / …

[20] Une version démo est téléchargeable sur le site de TU Delft à l'adresse suivante : ***http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/index.htm***

IV. Approche spécifique à une phase du cycle de vie		
Choix des matériaux		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
ImSelection [CHEN *et al.* 95]	Carnegie Mellon University (USA)	Outil prototype permettant le choix des matériaux en fonction de leurs propriétés, des procédés de fabrication, des coûts et des impacts environnementaux tout au long de leur cycle de vie Outil constitué de 3 modules : • Profile environnemental des matériaux : base pour le choix des matériaux. • Choix des Matériaux : possibilité pour l'utilisateur de choisir un matériau en prenant en compte ses propres exigences de conception et les processus de fabrication. Le système calcule les coûts environnementaux externes et internes (en fonction du poids du matériau, du coût engagé par l'utilisateur et de la base de données environnementales des matériaux). • Analyse de sensibilité : L'utilisateur peut changer quelques données pour voir l'influence incidente sur le choix des matériaux. **[NC]**

Tableau 13 : Logiciels d'éco-conception focalisés sur une phase du cycle de vie : la fabrication, avec le choix des matériaux.

IV. Approche spécifique à une phase du cycle de vie		
Fin de vie		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
Advisor For Component Design [DIAZ-CALDERON 94]	Engineering Design Research Center Carnegie Mellon University (USA)	Conseils d'après l'analyse des assemblages (en terme de géométrie). Analyse de la compatibilité des matériaux et des techniques de fixation. **[?]**
DEMROP (*Design and Evaluation Method for the Recyclability of Electromechanical Products*) [EBACH 97]	SIEMENS (D) en partenariat avec plusieurs entreprises dont : Agfa, Alcatel SEL, Nederlandse Philips Bedrijven… Technische Hochschule DARMSTADT (D)	Analyse de différents scénarios de recyclage à partir de la description des produits Se compose de 3 modules permettant l'évaluation : • description du produit : pièces, connexions, accessibilités, … • base de connaissances « recyclage » : matériaux, procédés de recyclage, opérations de désassemblage, marchés … • données sur coûts de recyclage et de désassemblage optimum (chemin de désassemblage le plus rentable ?) Possibilité d'évaluer le coût global d'un produit en fin de vie par rapport à différents scénarios : réutilisation, désassemblage, séparation et recyclage des matériaux. **[C]**
Design for Environment Software Tool [CURTIS 97] [KNIGHT *et al.* 99]	Boothroyd Dewhurst Inc. (USA) TNO Institute of Industrial Technology (NL)	Analyse des options de fin de vie. • Données sur le cycle de vie des composants d'un produit avec coûts de désassemblage et options de recyclage. • Peut être lié à des logiciels de CAO (Pro-Engineer). **[C]**

… / …

IV. Approche spécifique à une phase du cycle de vie		
Fin de vie		
Logiciel	***Développé par***	***Caractéristiques***
ELDA *(End-of-Life Design Advisor)* [ROSE *et al.* 98a,b,c]	Stanford University (USA) National Science Foundation (USA)	Outil à utiliser via une liaison Internet. Identification des caractéristiques du produit classées selon quatre catégories génériques de facteurs : • Facteurs externes au produit : cycle de conception, cycle technologique, complexité fonctionnelle … • Facteurs relatifs aux matériaux : nombre, matériaux toxiques, matériaux nécessitant un recyclage … • Facteurs relatifs au désassemblage : temps, étapes, nombre de composants, nombre de connexions … • Facteurs relatifs à la logistique inverse : qui supporte les infrastructures de recyclage ? de collecte ? de transport ? qui bénéficie des opérations de recyclage ? … Guide le concepteur à partir de ces caractéristiques à déterminer les stratégies de fin de vie de son produit, et ce dès le début du processus de conception. Connaissant la stratégie de fin de vie, possibilité pour le concepteur de prévoir la structure adéquate du produit et d'imaginer des améliorations des techniques de recyclage (vision prospective). Informations stockées dans une base de données utile à d'autres concepteurs. **[ED]**
LASeR *(Life-cycle Assembly Serviceability and Recycling Prototype Program)* [ISHII 94]	Stanford University (USA) Ohio State University (USA)	Evaluation de l'assemblage des pièces. Etude de la "réparabilité" : étapes de réparation et coûts associés. Etude de la recyclabilité par groupes de composants compatibles : coûts de désassemblage et de retraitement. **[NC]**

Tableau 14 : Logiciels d'éco-conception focalisés sur une phase du cycle de vie : la fin de vie.

On pourra encore citer très succinctement d'autres logiciels[21] focalisés sur la fin de vie des produits [BULLINGER *et al.* 94, 96], [STEINHILPER *et al.* 98] & [VEZZOLI 99].

- ***REKON*** Il aide à la conception en vue du recyclage.
- ***VERANDA*** Il assiste le concepteur dans le choix des stratégies optimales de recyclage en lui donnant des informations relatives aux prestations de plusieurs entreprises de recyclage et leurs prix.
- ***RONDA*** Il permet l'analyse de bases de données orientées recyclage.
- ***RECOVERY*** Il aide par le calcul à l'optimisation de la réutilisation de pièces du produit.
- ***ROUTING*** Il optimise les logistiques de recyclage.

2.4.2. Les logiciels : des outils adaptés au monde industriel ?

Au vu de la littérature et de notre enquête, les logiciels les plus connus par les entreprises pionnières sont généralement des outils d'approches DfX, en particulier DfD voire DfR (Design for Recycling), utilisés en cours ou fin de conception pour modéliser des scénarios de désassemblage des produits.
Le Corporate Product Stewardship de HP reconnaît que son entreprise utilise de tels logiciels depuis plusieurs années, mais l'objectif primaire de leur emploi n'était pas lié à une préoccupation environnementale mais tout simplement une volonté d'optimiser la structure de leurs produits pour faciliter toute opération de réparation ou de maintenance. Nous remarquerons néanmoins que cet objectif rejoint l'environnement puisqu'une réparation plus aisée assurera une plus grande durabilité du produit !
Les autres logiciels sont encore bien méconnus. ***On notera pour la plupart qu'ils ont été développés dans le cadre de projets liant des équipes de recherche universitaires et des industriels ; on peut donc leur reprocher le fait qu'ils répondent à des problématiques spécifiques des entreprises commanditaires et soient peu adaptés à d'autres***.
La plupart du temps les grandes entreprises financent le développement de logiciels propres à leurs besoins par des cabinets externes.

La forme informatisée de tels outils reste très appréciée des industriels ; les concepteurs travaillant de plus en plus systématiquement sur ordinateur (CAO/DAO), les logiciels s'intègrent plus facilement dans leur activité. L'informatisation des méthodes d'évaluation

[21] Il est à préciser par rapport à la plupart de ces logiciels qu'ils étaient en développement dans plusieurs universités allemandes en 1994 (REKON : University of Karlsruhe, VERANDA, RONDA, RECOVERY et ROUTING : Fraunhofer Institute ...). Ils sont indiqués ici à titre indicatif pour montrer la multiplicité d'outils développés, en particulier sur le désassemblage et le recyclage, en Allemagne. Nous ne savons pas à ce jour s'ils ont été commercialisés.

des produits et des propositions d'options d'amélioration se veut en effet un moyen plus rapide pour aider le concepteur dans sa démarche puisqu'il n'aura pas à aller chercher l'information dans un guide ou remplir des questionnaires, ... Il lui suffira quelquefois de quelques données d'entrée pour obtenir des résultats pertinents. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle de plus en plus d'entreprises diffusent des informations environnementales, des préconisations... par Intranet. Ces informations, plus facilement mises à jour par des experts Environnement internes, les responsables de service, ..., sont plus aisément lues et assimilées par chacun (d'autant plus qu'elles sont présentées sous une forme simple et ludique).

Pourtant, le Corporate Product Stewardship de Digital, l'une des sociétés enquêtées, estime qu'un outil distinct perd rapidement de sa valeur puisqu'il doit être utilisé en parallèle avec des outils classiques de CAO. D'autre part pour certains des logiciels évoqués plus haut, la mise en situation dans l'entreprise nécessite, outre la présence d'un expert environnement pour alimenter la base de données et la mettre à jour, celle d'un expert informatique venant seconder en cas de besoin l'utilisateur (le concepteur ou le chef de projet). C'est le cas de l'EIME qui nécessite pour fonctionner l'acquisition d'une station Sun onéreuse ...
Les logiciels sont donc bien souvent perçus comme des outils supplémentaires au panel déjà impressionnant d'outils de tout type manipulés dans les entreprises. Leur complexité et parfois un langage inadapté au métier de la conception (nomenclatures différentes, par exemple) les transforment rapidement en outils inutiles.
L'intérêt d'une informatisation de la donnée environnementale serait donc de faire apparaître des messages sur les risques environnementaux au cours de la modélisation classique du produit. Il serait ainsi plus intéressant d'intégrer un module Environnement dans les logiciels de conception (CAO) classiques utilisés (Euclid, AutoCAD, Pro-Engineer, Catia, ...), puisqu'il paraît inconcevable qu'une entreprise, et a fortiori une PME, se voit obligée d'acquérir plusieurs logiciels d'éco-conception de spécificités différentes pour mener à bien un projet.

Une autre critique que l'on peut émettre à l'encontre de certains de ces logiciels, notamment ceux relatifs à la fin de vie des produits, est liée à leur approche trop souvent déconnectée de la réalité économique et industrielle des filières de fin de vie, des contraintes techniques dues aux problèmes d'usure des produits, lesquelles n'ont pu être prises en compte dans la modélisation sur des produits neufs. On peut parler de recherche fondamentale décontextualisant le produit de son environnement réel.
Ainsi, des logiciels américains comme *Advisor For Component Design*, se basent uniquement sur l'architecture du produit en empruntant une approche géométrique

tridimensionnelle[22] du démontage où l'on procède à des opérations de démontage virtuelles ne permettant pas de juger de la difficulté réelle de démontage sur un produit usagé ; en effet si les états de surface de certaines pièces conditionnent la facilité des mouvements relatifs des composants, que dire de l'état de ces surfaces après plusieurs années d'usage et a fortiori de la facilité des opérations de démontage ?
D'autres approches comme celle du logiciel américain *ReStar* ou d'autres logiciels allemands tels que *ReGrEd /DisPlay*, *Veranda*, *Recovery*, ... sont basées sur des évaluations économiques (calculs des coûts et revenus des opérations à effectuer en fin de vie des produits) pour modéliser les niveaux de démontage rentables, mais enfin comment connaître les techniques, les filières, les coûts à moyen ou long terme sans une **démarche prospective** ?

Nous avons vu qu'il existait une multitude d'outils d'amélioration que l'on qualifiera d'opérationnels dans le sens où ils seront utilisés en cours de conception par l'équipe de projet ou l'un de ses membres (le concepteur, le marketeur, l'expert en éco-conception de l'équipe - s'il existe - ...) pour l'aider à progresser dans sa démarche. Il en existe d'autres plus stratégiques à commencer par des méthodes d'organisation, que nous qualifierons d'outils organisationnels.

2.5. Outils organisationnels

Le chef d'un projet de conception est l'animateur d'une démarche collective associant le concepteur avec les métiers de l'aval de la production et ceux de l'amont : fournisseurs et équipementiers.
Les outils organisationnels sont des approches qui vont permettre l'optimisation de l'intégration de l'environnement dans la conception du produit par le biais d'une meilleure organisation des acteurs concernés. Ce sont des approches de travail plus globales qui nécessitent la mobilisation de tous.

[22] Approche géométrique du démontage : les logiciels en question doivent pouvoir à partir de l'analyse tridimensionnelle des structures, déterminer les opérations "théoriquement" réalisables et l'ordre à suivre. Cette vision correspond à une transposition des méthodes de planification d'assemblages automatisés vers le démontage, bien que ce dernier ne doive pas être considéré comme l'opération rigoureusement inverse de l'assemblage.

Deux concepts majeurs d'organisation peuvent être exploités à cette fin :

- l'Analyse de la Valeur
- l'Ingénierie Concourante ou simultanée

2.5.1. Analyse de la Valeur

L'Analyse de la Valeur [DELAFOLLIE 91] est une méthode de réflexion et d'innovation qui a fait ses preuves. Son objectif est d'optimiser le rapport degré d'adéquation du produit au besoin/coût du produit.
Ce rapport correspond en fait à la valeur même du produit. Et, analyser la valeur d'un produit, c'est rechercher sa meilleure adéquation à un besoin en mettant en jeu un minimum de ressources financières.
La méthode AV consiste à réunir plusieurs personnes concernées par le produit à concevoir en interne et en externe de l'entreprise.
Le groupe de travail en charge de l'analyse de la valeur du produit adopte une longue démarche comprenant 7 phases :

1. **Orientation de l'étude** : Champ, objectifs, contraintes, degré de remise en cause autorisé.

2. **Recherche d'informations** : Recherche et collecte de renseignements de type technique, économique, social et légal en interne ou en externe à l'entreprise.

3. **Analyse fonctionnelle** : Recensement et quantification (valeur nominale, tolérances, niveau de qualité acceptable) de chaque fonction et contrainte nécessaire et suffisante définissant le besoin auquel doit répondre le produit.
   L'analyse fonctionnelle va permettre de distinguer les fonctions d'usage des fonctions d'estime ou les fonctions principales des fonctions contraintes du produit.

4. **Recherche de solutions** : Recherche d'un maximum d'idées (brainstorming, check-list).

5. **Etude et évaluation des solutions** : Evaluation technique, économique et sociale des solutions envisagées, étude de rentabilité, avantages et inconvénients…

6. **Bilan prévisionnel et choix** : Présentation des solutions sélectionnées et conditions de leurs applications.

7. **Réalisation** : Mise en œuvre avec la solution finalement choisie.

On peut aisément imaginer que cet outil organisationnel aidant à optimiser un produit puisse permettre d'intégrer la composante environnementale et concevoir un produit "vert" ; ainsi pour un même cahier des charges fonctionnel, basé sur la seule définition des besoins du client, les solutions retenues pourront bien être respectueuses de l'environnement et ce d'autant plus qu'elles sont exigées par le client.

J. Michel, président de l'AFAV[23], estime, dans son article "Management de la valeur pour le développement durable" [MICHEL 99], qu'effectivement l'AV est tout à fait en mesure de prendre en compte les exigences environnementales. Il évoque à ce propos quelques critères concrets usuellement considérés pour évaluer un produit au regard de l'environnement et en conclut que les questions auxquelles ces critères nécessitent de répondre peuvent tout à fait bien être soulevées dans la démarche lors de l'établissement des contraintes, de la recherche d'information et de l'analyse fonctionnelle :

- ✔ Critère : Souci d'utiliser, en amont du processus de production, des matériaux ou ressources dont l'extraction ne fragilise pas certains écosystèmes ou ne conduise pas à des évolutions irréversibles.
  - ➢ Questions : Avec quoi produit-on ? A partir de quoi est-ce fait ?

- ✔ Critère : Impacts environnementaux du produits à terme (en fin de vie).
  - ➢ Questions : Quid de la fin de vie du produit ? Où cela va-t-il aller ?

- ✔ Critère : Exigence de minimisation du recours à des ressources rares et à des énergies fossiles non renouvelables, sans compter l'élimination des "surdimensionnements" ou des "surconsommations".
  - ➢ Questions : La taille du produit n'est elle pas surévaluée ? A-t-on besoin de telle ou telle ressource rare particulière ? …

On peut souvent s'apercevoir que pour certaines remises en cause d'un produit, les questions sur sa conception peuvent amener directement vers des préoccupations d'ordre environnemental.

Pour J. Michel qui propose le vocable "Analyse de la Valeur pour le Développement Durable (AVDD), *« l'une des approches les plus évidentes à mettre en œuvre, consiste à toujours prendre en compte dans les cahiers des charges fonctionnels une partie relative au respect de l'environnement avec des critères spécifiques à déterminer et des niveaux d'appréciation acceptables »*.

[23] AFAV : Association Française pour l'Analyse de la Valeur.

Il suggère aussi que le groupe de travail AV tienne compte de cette nouvelle dimension amont-aval du produit et dispose d'informations correspondantes pour prendre en compte les conséquences à moyen et long terme de la réalisation et diffusion du produit étudié et la complexité accrue du système due aux interactions produit-environnement.

Pour conclure sur ce paragraphe, nous pourrions dire que l'Analyse de la Valeur peut servir le développement durable et réciproquement puisque les règles de cet "outil organisationnel" se prêtent au renouvellement et ressourcement de la pensée pour la recherche de solutions de conception pour l'environnement. D'autre part la préoccupation environnementale exige un changement de perspectives, lequel jouera comme un puissant facteur de créativité et donnera un nouveau souffle à l'AV ; en effet, pour J. Michel, l'AV donne parfois l'impression aujourd'hui de présenter une certaine carence en matière de renouvellement des idées autour de la méthode même et de manquer d'ambition dans l'exploitation des nouvelles perspectives ouvertes, telles que la prise en compte des exigences économique et sociétale du développement durable.

2.5.2. Ingénierie Concourante

C'est une approche systémique qui intègre le développement simultané des produits et des processus associés, incluant la fabrication et le soutien logistique [PRIMECA 98]. Cette approche prend en compte, dès le démarrage, le cycle de vie du produit depuis sa conception jusqu'à son exploitation en incluant la qualité, les coûts, la planification et le besoin des utilisateurs. Elle permet ainsi d'améliorer la qualité des produits et de réduire les coûts et délais. L'ingénierie concourante ou simultanée implique une organisation qui mobilise tous ceux qui sont concernés par un produit.
Quelques travaux sur le sujet en confrontation avec la préoccupation environnementale ont permis d'établir qu'un tel "outil organisationnel" pouvait offrir les meilleures opportunités d'intégration de la donnée environnementale dans la conception dans le sens où il implique une prise en compte simultanée de préoccupations en termes de fonction(s), de structure, de fabrication, de coût, mais aussi de qualité, de fiabilité, ... et depuis quelques années d'environnement [HOLLOWAY *et al.* 94].
En termes d'environnement, une telle organisation va permettre à tous de réfléchir à la réduction de l'impact écologique d'un produit sur l'ensemble de son cycle de vie, chacun des acteurs apportant sa propre vision des problèmes et les solutions d'amélioration envisageables [MICHELETTI 96].
Que l'on parle de "environmentally conscious concurrent design " (conception concourante respectueuse de l'environnement) [HATTORI *et al.* 96] ou de "Green Concurrent Engineering" (ingénierie simultanée verte), un programme de recherche suédois des années 93-94 ayant eu pour objet d'intégrer l'approche DfE dans le système

de Management Environnemental[24] d'une entreprise [KARLSSON 97], l'approche qui prédomine est bien toujours celle d'une nécessaire confrontation et mise en balance de plusieurs critères[25] parfois incompatibles pour trouver les compromis indispensables entre les contraintes de chacun afin de concevoir en respectant l'environnement.

2.6. D'autres outils encore…

Bien d'autres outils existent encore en matière d'amélioration de la conception environnementale.
Nous allons ainsi retrouver d'autres outils focalisés sur la fin de vie des produits, et en particulier le désassemblage ou le recyclage, des ***outils "papier"***. Ils seront utiles au concepteur pour d'une part évaluer le caractère désassemblable ou recyclable d'un produit existant et d'autre part lui permettre d'envisager des solutions meilleures de conception. Sans entrer dans le détail pour ne pas alourdir le discours, nous pouvons évoquer les outils suivants [BULLINGER *et al.* 94] :

- Diagramme en arête de poisson inversée [ISHII *et al.* 95],
- Plan de reyclabilité [ISHII 96],
- Plan de désassemblage structurel,
- Graphe de précédence de désassemblage,
- Table des temps de désassemblage,
- Table des différentes connexions facilement détachables,
- …

Nous allons à présent détailler plus particulièrement deux de ces outils.

2.6.1. Diagramme en arête de poisson inversée

C'est une représentation graphique, dérivée du diagramme "plus classique" en arête de poisson qui, lui, permet d'optimiser la séquence d'assemblage d'un produit [ISHII *et al.* 95]. Le diagramme en arête de poisson inversée consiste à visualiser les étapes de désassemblage sur un arbre de procédures, comme dans l'exemple présenté ci-après.

[24] DfE et SME : nous y reviendrons dans le paragraphe 7 de cette partie.
[25] Critères à prendre en compte concernant un produit d'après M. Hattori [HATTORI *et al.* 96] :
Fonction (facteurs d'estimation : performance et sécurité) / Economie (Facteurs d'estimation : productivité et caractère commercialisable) / Environnement (Facteurs d'estimation : recyclabilité des matériaux et désassemblabilité, en fonction de la structure, de la qualité des pièces, …).

Exemple de diagramme en arête de poisson inversée pour une cafetière :

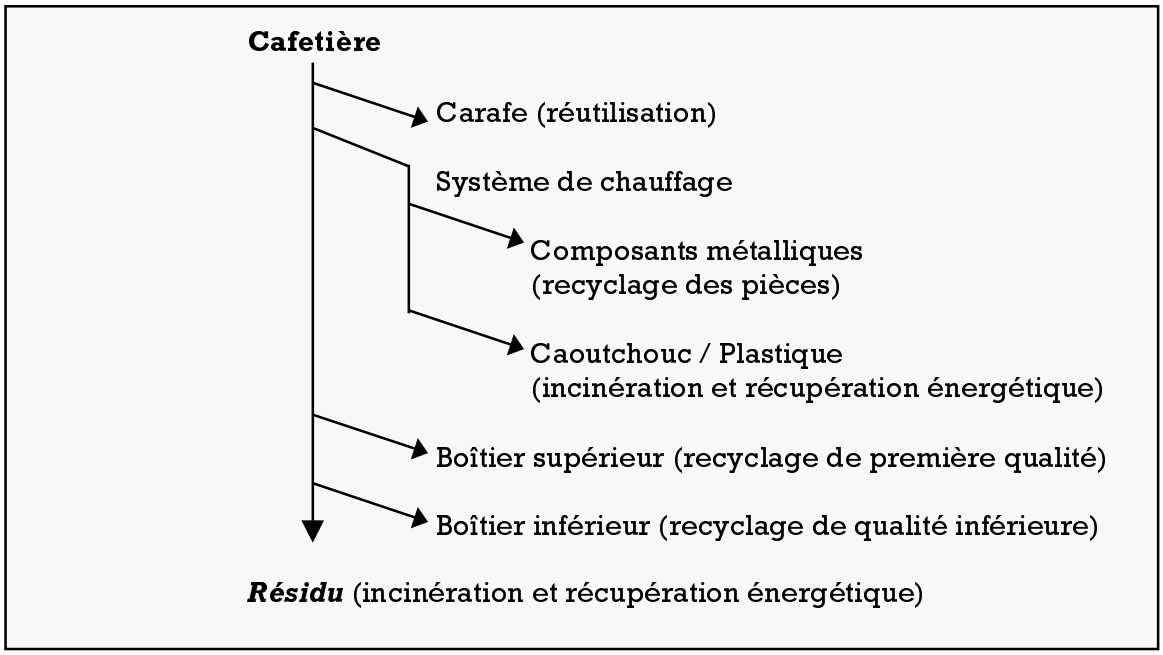


Figure 7 : Diagramme en arête de poisson inversée utilisé dans le cas d'une cafetière.

Sur un produit existant, il est ainsi possible d'identifier les séquences des étapes successives ou simultanées, les difficultés de désassemblage, les coûts des opérations à réaliser et les étapes pouvant conduire à des échecs. Une analyse au préalable est nécessaire pour mettre l'accent sur les modules ou les composants qui devraient ou non être destinés à la maintenance, à la réutilisation ou au recyclage.

<u>Remarque</u> : Deux types de diagrammes sont possibles :

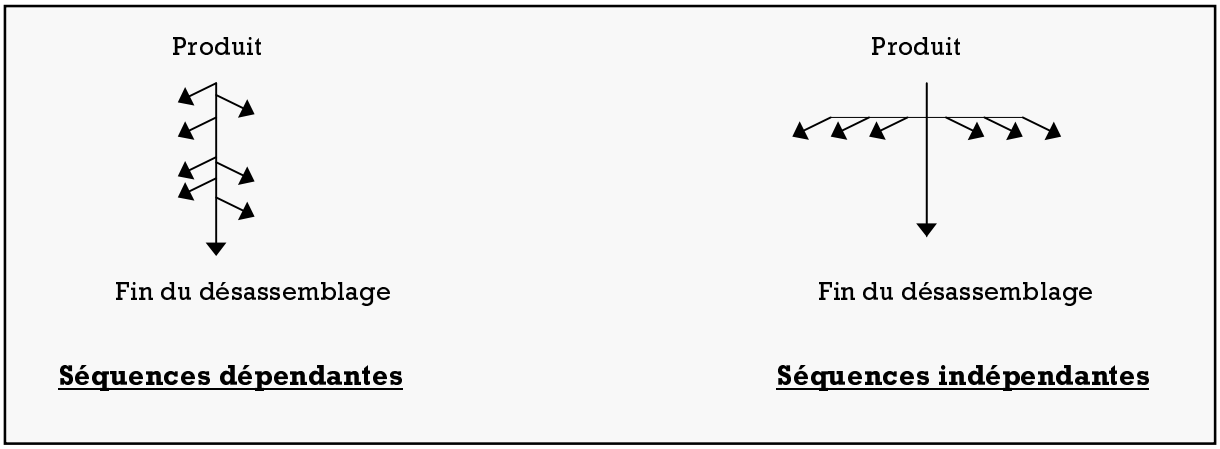


Figure 8 : Deux types de diagrammes en arête de poisson inversée.

Cet outil ne peut cependant aider le concepteur à identifier la stratégie adéquate de fin de vie pour son produit. Il doit donc bien le connaître ainsi que sa stratégie de fin de vie. L'outil lui sera en fait utile pour optimiser les séquences de désassemblage d'un produit

existant à reconcevoir afin d'améliorer sa recyclabilité, mais pas dans le cas d'un tout nouveau produit [ROSE *et al.* 98b].
Le diagramme se focalise de plus sur la conception en vue d'améliorer la recyclabilité d'un produit sans tenir compte des besoins de développer de nouvelles technologies de recyclage [ROSE *et al.* 98a].

2.6.2. Plan de Recyclabilité

Il s'agit d'un outil de conception en vue du recyclage qui va aider à améliorer la recyclabilité du produit par la sélection de matériaux [ISHII 96]. Il se focalise sur deux facteurs-clé : la complexité du désassemblage et l'efficacité en matière de valorisation.
Ce plan se présente sous la forme d'un graphique d'évaluation du nombre de bennes de tri par matériaux, lequel traduit la complexité du produit vis-à-vis du désassemblage, en fonction du pourcentage de parties non recyclées (éliminées). Un grand nombre de bennes indique généralement un fort niveau de désassemblage et davantage de matériaux. L'optimisation va consister à réduire le nombre de bennes et le pourcentage des pièces éliminées (favorisation du recyclage).
Diverses études de cas ont montré que cet outil pouvait être utile dans les situations suivantes [LEE *et al.* 97]:

- Caractérisation de la stratégie de fin de vie : mise en évidence du degré de désassemblage (pour un produit existant parfaitement connu),
- Génération d'idées pour améliorer la recyclabilité,
- Identification d'opportunités de développement de technologies de recyclage.

Comme dans le cas du diagramme en arête de poisson inversée, cet outil ne pourra être cependant utilisé que sur un produit existant bien connu que l'on veut reconcevoir en améliorant la recyclabilité [ROSE *et al.* 98b].

2.7. Points de vue sur les principaux outils d'amélioration de la conception environnementale des produits

Chacun des principaux outils précédemment décrits présente des avantages et des inconvénients parfois majeurs, pour leur utilisateur. Le tableau 15 suivant résume les points principaux à souligner.

Outils	Avantages	Inconvénients
Normes	– Règles générales, simples, adaptées à des néophytes (vocabulaire, rappel de principes généraux, …). – Outil servant d'une bonne base de travail pour débuter.	– Règles parfois trop générales, difficiles à interpréter.
Listes		
Guidelines	– Aide aisée au concepteur par des recommandations simples pour éco-concevoir. – Outil le plus répandu et facilement utilisé.	– Outil papier perdu parmi tant d'autres documents, procédures, manuels (instruction, qualité, …). A intégrer dans le manuel d'instructions "classiques".
Check-lists	– Aide aisée au concepteur dans le choix des axes d'éco-conception et ce par l'intermédiaire de questions bien ciblées. – Facilite beaucoup les revues de conception en cours de processus (pour savoir si la voie choisie est "bonne").	– Outil papier perdu parmi tant d'autres documents. – Nécessité d'utiliser des check-lists relativement brèves (2 pages maximum). – Questions devant rester simples pour éviter d'"effrayer" le concepteur s'il est désigné comme utilisateur.
Guides	– Grand panel d'informations pour tout utilisateur désirant connaître l'éco-conception. – Guides succincts utiles pour plusieurs services, chacun y trouvant les informations essentielles dont il peut avoir besoin.	– Outil "papier" trop souvent oublié, ignoré par les concepteurs. – Beaucoup trop d'informations **pour certains guides** *(les plus complets)*, trop volumineux, trop complexes. – Difficilement exploitables par un concepteur "pressé". – A destination plutôt des responsables de service (Environnement, Marketing, Qualité, R&D, …).

… / …

Outils	Avantages	Inconvénients
Logiciels	– Outils informatiques plus proches du métier du concepteur que l'outil papier. – Etude très approfondie sur certains thèmes (choix de matériaux, désassemblage), d'autant plus que la base de données est riche en informations.	– Outils souvent adaptés uniquement aux préoccupations de l'entreprise ayant participé au projet de développement. – Outils complexes et coûteux pour une PME – Langage trop peu souvent adapté au langage du concepteur. – Outils supplémentaires à utiliser en parallèle des outils classiques ; difficulté de convaincre un concepteur de les utiliser (sauf s'ils sont liés à des logiciels de CAO classiques). – Logiciels DfD : Décontextualisation du produit. Outils plus souvent utilisables dans le cas de produits existants à reconcevoir.

Tableau 15 : Points de vue sur les principaux outils d'amélioration de la conception environnementale des produits.

2.8. Conclusion

Il existe, nous venons de le voir dans les paragraphes précédents, pléthore d'outils élaborés pour orienter les équipes de conception dans leur démarche de recherche de solutions nouvelles pour éco-concevoir. Mais parmi ces "outils pour générer", certains sont plus couramment connus et utilisés et, à ce jour, pour la plupart basés sur des approches "papier" : guides, guidelines, check-lists, listes de matériaux, normes.
D'après l'avis de plusieurs des industriels interrogés lors de notre enquête, il s'avère que pour beaucoup de ces outils papier le sentiment qui transparaît le plus souvent est qu'ils se rajoutent à des "montagnes" de manuels d'instruction, qualité, environnement, de diverses procédures d'instructions ..., sous lesquelles croulent les équipes de conception. Nombre d'entreprises (les plus avancées dans le domaine) s'orientent néanmoins vers la diffusion de nombreuses informations sur leur réseau informatique interne (Intranet), voie de divulgation des données de plus en plus prisée. Chacun peut aller puiser les informations dont il désire disposer à sa guise. Quoi qu'on en dise toutefois, manuels et guidelines demeurent des "constantes" parmi les outils indispensables aux équipes.

Pour ce qui concerne les logiciels, bien peu encore parmi les quelques exemples succinctement présentés plus haut ont réellement été utilisés par les entreprises. Certains n'ont pas encore été commercialisés et ne le seront peut-être jamais s'il s'avère qu'ils ne répondent pas de manière pertinente à la problématique industrielle ou exigent des investissements trop importants pour des résultats médiocres, inexploitables, trop éloignés de la réalité industrielle.

Pour résumer enfin sur le caractère des principaux types d'outils présentés dans les deux paragraphes, **évaluation** et **amélioration**, nous avons élaboré un tableau qui situe leurs approches en termes de notes de 0 à 5 (cf tableau 18), les unes par rapport aux autres. **En effet il est possible de considérer pour les types d'outils répertoriés leurs parts respectives d'évaluation et d'amélioration** : même si nous avons précédemment évoqué deux catégories principales d'outils, on ne peut ignorer que des outils d'évaluation comme les outils ACV permettent d'initier des améliorations et des outils d'amélioration comme les logiciels DfD ou certains guides permettent d'évaluer les solutions envisagées au cours du processus d'éco-conception.
Ces notes pour les évaluations et les aides à l'amélioration sont attribuées de la manière suivante :

Evaluation :

	Qualitative	Quantitative		Approche de l'outil		Types de données d'entrée	Types de données de "sortie"
				Phase(s) du cycle de vie	***Critères***		
0	Pas d'évaluation						
1	✘ *(Très simple)*			1 ou plusieurs	Monocritère	Substances dangereuses	oui/non Seuils de concentration
2	✘			1 ou plusieurs	Multicritère	Quelques données sur le produit existant	oui/non Notes (pénalités, ...)
3	✘			Plusieurs ou cycle de vie	Multicritère	Données assez précises sur le produit existant ou en cours de conception	oui/non Favorable/acceptable /défavorable Notes (pénalités, ...)
4		✘	*Simplifiée*	1 ou plusieurs ou Cycle de vie	Mono ou multicritère	Données assez précises sur le produit existant ou en fin de conception	Valeurs d'impacts *(avec ou sans dimension)* éco-indicateurs
			Evaluation économique	Cycle de vie	Economique	Coûts environnementaux	Somme des coûts (en F ...)
5		✘	*Complète*	Cycle de vie	Multicritère	Données précises sur un produit existant ou en fin de conception *(connaissance complète du produit nécessaire)*	Valeurs d'impacts *(avec ou sans dimension)*

Tableau 16 : Notes attribuées aux types d'outils d'évaluation en fonction de leurs caractéristiques.

Remarque : Les critères pris en compte par les outils peuvent être "écologiques" (ACV, ACV simplifiées, éco-indicateurs, approches matricielles) ou relever de la conception environnementale (check-lists, indice écologique, Eco-compass).

La gamme des outils d'évaluation s'étend depuis les simples listes de matériaux interdits jusqu'aux logiciels d'ACV élaborés. D'après le tableau 16 ci-dessus, les évaluations sont de plus en plus précises et quantitatives de 0 à 5. Pour des évaluations notées 4 et principalement 5, les critères sont multiples et le produit est considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. Pour des évaluations de 1, généralement une seule étape (la fabrication par exemple) et un seul critère sont les conditions de l'étude présentée comme relativement simpliste.

Amélioration :

	Type d'aide	**Approche de l'outil**	
		Phase(s) du cycle de vie	**Critères**
0	Aucune aide à l'amélioration		
1	Légère aide à l'amélioration du produit en permettant d'identifier ses principaux points faibles sur lesquels les actions seront focalisées. Les résultats d'évaluation sont parfois difficiles à exploiter ce qui peut compromettre ces recherches d'amélioration.	1 ou plusieurs (selon l'outil)	Mono ou multicritère (selon l'outil)
2	Aide à l'amélioration plus marquée dans le sens où les résultats d'évaluation sont plus faciles à interpréter puis exploiter par l'équipe projet.	1 ou plusieurs (selon l'outil) Approche cycle de vie plus systématique	Mono ou multicritère (selon l'outil)
3	Assez bonne aide à l'amélioration puisque les critères pris en compte sont "proches" des concepteurs et de leur démarche. Les résultats d'évaluation sont directement exploitables pour améliorer la conception en termes de matériaux, d'assemblage, …. Ils permettent à l'équipe de se poser les bonnes questions.	1 ou plusieurs (selon l'outil)	Multicritère
4	Bonne aide à l'amélioration dans le sens où l'équipe va être sensibilisée puis guidée dans sa démarche de conception (améliorations et évaluations pour certains de ces outils comme des guides).	1 ou plusieurs (selon l'outil)	Multicritère

…/…

	Type d'aide	Approche de l'outil	
		Phase(s) du cycle de vie	Critères
5	Aide à l'amélioration très appréciable puisque directement liée à la démarche de l'équipe ; les outils sont plus interactifs car souvent sous forme informatisée comme les logiciels DfE (approche générale), DfD, DfR. Ils permettent au fur et à mesure de l'avancée du projet de proposer des améliorations et de les évaluer.	1 ou plusieurs (selon l'outil : DfD = 1 phase DfE = cycle de vie)	Multicritère

Tableau 17 : Notes attribuées aux types d'outils d'amélioration en fonction de leurs caractéristiques.

Le classement des outils est le suivant :

		Evaluation					
		0	1	2	3	4	5
Aide à l'amélioration	0						
	1				▪ Evaluation basée sur la réglementation	▪ ACV simplifiée ▪ MIPS	▪ ACV complète
	2				▪ Approche matricielle ▪ Indice écologique ▪ Eco-compass	▪ Méthode des Eco-Indicateurs ▪ Etude des coûts	
	3		▪ Liste de matériaux	▪ Check-list	▪ Check-list		
	4	▪ Outil organisationnel ▪ Guide ▪ Guidelines ▪ Norme		▪ Guide ▪ Norme			
	5				▪ Logiciels et autres outils DfD ▪ Logiciels DfE	▪ Logiciels et autres outils DfD ▪ Logiciels DfE	

Tableau 18 : Classement des outils selon leur niveau d'évaluation et d'aide à l'amélioration.

D'après le tableau 18, on peut se rendre compte qu'il n'existe pas d'outil où l'amélioration est "nulle" (note = 0) ; nous estimons en effet que quel que soit le niveau d'évaluation de l'outil, des voies d'amélioration sont toujours envisageables. Certains logiciels DfE/DfD sont à notre sens les seuls outils permettant à la fois d'améliorer un produit en cours de

conception et d'évaluer[26] ces améliorations en cours ou fin de conception. Nous leur avons donc attribué la note maximale d'amélioration et de bonnes notes d'évaluation.
Certains outils comme les guides, les normes ou les check-lists sont classés dans plusieurs niveaux ; cela dépend en fait des caractéristiques même de ces outils.
Les outils d'ACV complète ou simplifiée sont certes performants en termes d'évaluation mais sont limités en matière d'aide des équipes à l'amélioration des produits.

Nous allons à présent évoquer quelques autres outils. Ils ne s'inscrivent pas dans le schéma proprement dit de la conception de produit dans le sens. En effet ils ne seront pas utilisés pour évaluer un produit existant ou aider à en concevoir un nouveau mais pour :

- choisir une stratégie (***outils stratégiques***),
- sensibiliser les équipes projet à l'éco-conception (***outils de sensibilisation***)
- permettre à l'entreprise de communiquer sur ses actions environnementales dans la conception (***outils de communication***).

3. LES OUTILS STRATEGIQUES

Ce type d'outil a pour objectif d'aider une entreprise à développer une stratégie de développement d'éco-produit et ce à partir de la politique environnementale qu'elle se sera définie et certains objectifs de conception qu'elle se sera fixés.

3.1. Matrice Eco-portfolio

Inspirée de la matrice d'analyse stratégique du *Boston Consulting Group*[27], cette matrice a pour objectif une représentation de la valeur "verte" des produits en fonction de la part de marché qu'ils tiennent dans leur spécialité [BREZET *et al.* 97]. Elle va permettre de choisir le produit à éco-concevoir le plus prometteur d'un point de vue environnemental et économique et ce par rapport aux attentes du client. Le meilleur produit présentera une grande valeur environnementale pour un fort potentiel de parts de marché. Cet outil peut être utilisé par le service marketing lors des études de marché et de la concurrence.

[26] L'évaluation peut se faire sur un produit existant ou un nouveau produit en cours de conception.

[27] Matrice BCG classique : Dans ce diagramme, en forme de matrice carrée, chacune des familles de produits constituant l'Offre de l'entreprise est placée en fonction de deux critères la concernant : la part du marché qu'elle tient dans sa spécialité (A) et la croissance du secteur concerné (B) ; A et B Forts : produit vedette / A Fort et B faible : produit vache à lait / A faible et B Fort : produit dilemme / A et B faibles : produit poids mort.

Ce type de matrice reflète les priorités environnementales reconnues, priorités souvent d'ordre politique.

La matrice Eco-portfolio de la figure 9 est un exemple pour les matériaux d'emballage :

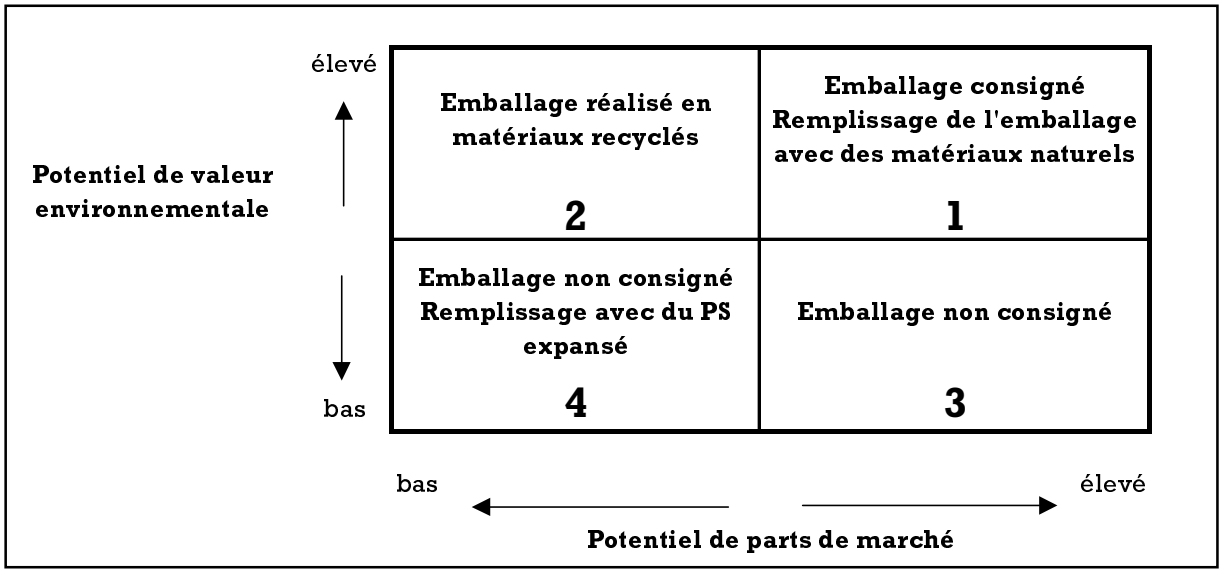


Figure 9 : Matrice Eco-portfolio utilisée pour le choix de matériaux d'emballage.

Source : *Han Brezet & Carolien Van Hemel, "Ecodesign : A Promising approach to sustainable production and consumption", PNUE, Paris, 1997, p. 64.*

Cet exemple illustre la priorité hollandaise à la solution des emballages consignés.
Les numéros dans les cellules correspondent à l'ordre des priorités à donner à la conception d'un tel produit. Pour la cellule **1** , par exemple, il s'agit pour l'entreprise de fabriquer un produit très respectueux de l'environnement et présentant un fort potentiel de parts de marché.

Aux Etats-Unis, les travaux de P. Eagan l'ont mené à considérer effectivement que l'emploi de la matrice classique BCG ou matrice *Portfolio* avec la dimension environnement pouvait amener l'entreprise à s'en servir comme outil lui permettant de choisir une stratégie environnementale particulière d'une part et d'utiliser le meilleur outil d'analyse environnementale possible d'autre part [EAGAN 96].
Dans sa théorie il considère en fait la matrice carrée classique ***Parts de marché = f(Croissance du marché)*** à laquelle il adjoint une troisième dimension, l'impact environnemental. Dans cette nouvelle matrice, la croissance du marché en termes d'environnement est vue comme une ***opportunité*** pour l'entreprise et les parts de marché comme une ***exposition au risque*** puisqu'une entreprise ayant de fortes parts de marché doit fabriquer davantage de produits ce qui représente de plus grands risques de

pollutions et motive un plus grand intérêt de l'opinion publique et des associations d'écologistes.

La dimension ***impact environnemental*** implique la collecte d'informations environnementales et un certain nombre de choix à faire avant de promouvoir le produit censé "vert".

Ceci va impliquer pour une entreprise commercialisant par exemple des produits sur un marché en croissance avec de fortes parts de marché, d'effectuer des évaluations environnementales du type ACV complète pour attester de la valeur verte des produits.

La figure 10 suivante représente les outils d'évaluation et de recherche de solutions, que nous désignerons par outils d'éco-conception, préconisés par P. Eagan en fonction de la situation marketing.

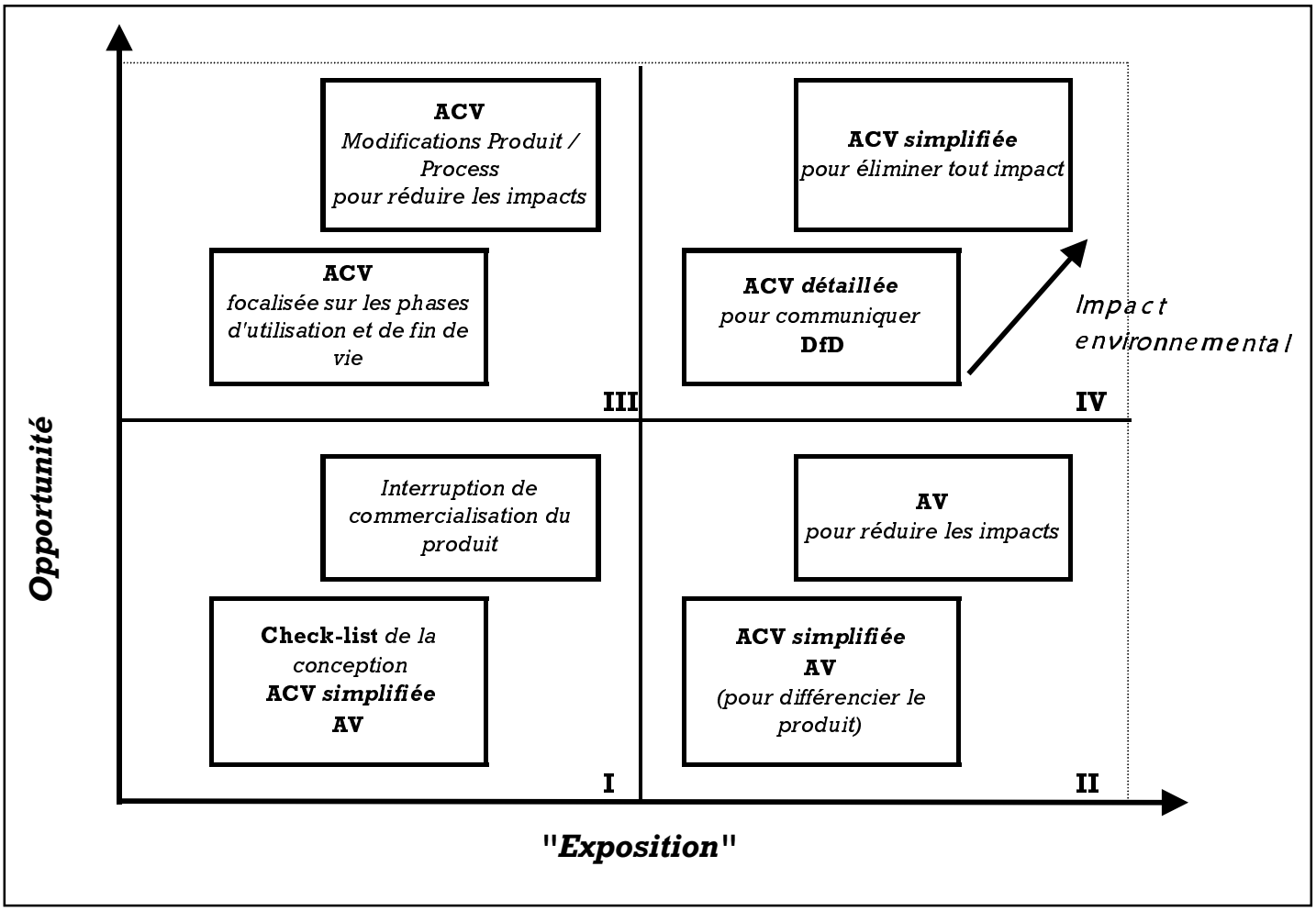


Figure 10 : Matrice BCG avec la dimension environnementale et les outils d'éco-conception adéquats.

<u>Source</u> : *Patrick Eagan, "Integrating the Environment into Product line Strategies", Care Innovation '96 Proceedings, Francfort, Allemagne, 1996, p. 90.*

Concrètement, selon le cas de figure en termes de parts de marché et de croissance du marché, selon les risques potentiels d'impacts environnementaux, l'entreprise sera amenée à utiliser différents outils.

Nous n'évoquerons ci-après que les deux cas I et IV :

Dans le cas I, le produit est un "poids mort". L'entreprise doit évaluer les impacts environnementaux de son produit avec une ACV simplifiée. S'il s'avère que les impacts sont significatifs, autant ne plus le commercialiser. S'ils sont faibles ou inexistants, l'entreprise peut envisager de revoir sa conception pour essayer de réduire le coût de sa fabrication, son prix de vente, le rendre plus vert, … et ce à l'aide d'une check-list de conception et de la méthode d'Analyse de la Valeur pour générer de nouvelles solutions, notamment à partir de la règle simple des 3 R - *Réduire, Réutiliser, Recycler* -. L'idée sous-jacente est l'opportunité commerciale représentée par la différenciation environnementale du produit.
Dans le cas IV, le produit est un "produit vedette". L'entreprise doit absolument prouver qu'il n'a aucun impact négatif sur l'environnement en réalisant une ACV détaillée. L'élimination des impacts éventuels du produit devient donc une stratégie prépondérante, en particulier la prise en compte des problèmes de fin de vie (retour des produits à prévoir, …). Afin d'identifier ces impacts, une évaluation de type ACV simplifiée est préconisée, de même qu'une analyse DfD sur le désassemblage et les possibilités de valorisation en fin de vie. Après recherche et choix de nouvelles solutions de conception, lorsque les impacts sont assurés d'être minimisés, l'entreprise se doit de réaliser une ACV approfondie pour communiquer précisément les résultats aux clients, aux associations d'écologistes et à tous ceux qui pourront les exiger.

Cette matrice inspirée d'une matrice marketing classique paraît bien utile comme outil permettant de choisir une stratégie de développement de produit vert et les outils d'éco-conception nécessaires.

3.2. Roue des Stratégies d'Eco-conception

On peut également retrouver dans cette catégorie la check-list **Eco-Wheel** ou Roue des Stratégies d'Eco-conception, précédemment présentée comme un outil d'amélioration de la conception environnementale. Elle va permettre à une équipe de définir, après l'évaluation de l'existant, les priorités de conception pour l'environnement en pointant sur la cible les axes stratégiques sur lesquels elle souhaite s'améliorer.

4. LES OUTILS DE SENSIBILISATION

Ce type d'outil a été élaboré pour sensibiliser entre autres les équipes de conception à l'environnement. Ce sont des outils pour la connaissance. Les utilisateurs concernés seront en particulier les concepteurs, les marketeurs, les ingénieurs R&D et les responsables environnement.

4.1. EcoReDesign Tool Kit

Ce "kit" se compose d'une cassette vidéo et d'un manuel intitulé "A Guide to EcoRedesign". Conçu par une équipe australienne du RMIT[28] [GERTSAKIS 97] pour être très didactique, le film présente de nombreux avantages par rapport aux guides parfois fastidieux à lire : il décrit plusieurs études de cas et réunit un certain nombre d'entrevues avec des concepteurs, des chefs d'entreprises, des experts en environnement et des reportages sur des projets réussis avant, pendant et après le processus d'éco-conception. Les exemples présentés sont très éloquents et voulus convaincants. La présentation des projets sous forme visuelle et plus ludique que les habituels guides "papier" permet de bien sensibiliser le spectateur sans le mobiliser trop longtemps.
Bien entendu la sensibilisation pourra être approfondie grâce au manuel accompagnant la vidéo, lequel retranscrit les reportages et apporte des compléments d'information utiles en cours de conception : réglementation, outils et divers contacts pour des besoins concernant des bases de données, des logiciels, des organisations et des ressources Internet.

4.2. Eco Know How

Il s'agit d'un module Intranet[29] de sensibilisation développé par l'entreprise suédoise d'électroménager, Electrolux, pour former et informer son personnel à la réflexion environnementale. Le système dispense une auto-formation à l'environnement [TEGSTAM 97] & [PUYOU 99]. Il est fondé sur l'utilisation d'une base de données interactive constituée de trois sous-modules :

- Connaissances basiques en environnement,
- L'approche d'Electrolux en matière d'environnement : la stratégie de l'entreprise et les travaux réalisés sur des lignes de produits,

[28] RMIT : Royal Melbourne Institute of Technology (Australie) ***(http://daedalus.edc.rmit.edu.au)***.
[29] Ce module est depuis quelques mois sur le site Internet d'Electrolux (***http://www.electrolux.se***) pour communiquer en externe les actions environnementales de l'entreprise.

- Des consignes et des exemples d'approche environnementale dans les achats, la logistique et le développement de produits.

Cet outil de sensibilisation est basé sur la prise de conscience et la responsabilisation de chacun, et en particulier des concepteurs, dans l'intégration des préoccupations environnementales dans toutes les activités industrielles.

De plus en plus d'entreprises s'intéressent ainsi à la divulgation d'informations diverses et d'outils simples sur leur réseau Intranet dans un objectif de vulgarisation, voire de "banalisation" de la donnée environnementale et ce pour chacun des membres des différents services : achats, bureau d'étude, marketing, méthodes, qualité, …

4.3. Eco-Quest

Il s'agit d'un questionnaire informatisé[30], développé par l'équipe du professeur H. Brezet de l'Université de Delft [BRINK *et al.* 98]. Il est destiné à sensibiliser les fournisseurs des entreprises de l'électronique.
Conçu pragmatique et "non-scientifique", il va guider son utilisateur dans les premières étapes de la démarche d'éco-conception :

- En lui offrant la possibilité de répondre à un questionnaire d'auto-audit à choix multiple lui permettant de déterminer l'éco-profil de ses biens et services.
  Une partie du questionnaire est consacrée aux produits et concerne :
  - la conception des produits,
  - les matériaux,
  - les substances toxiques éventuellement utilisées,
  - la consommation d'énergie,
  - les emballages et la distribution,
  - la durabilité et la fin de vie.

  La seconde partie est consacrée à l'entreprise elle-même, sa politique environnementale, l'existence potentielle d'un Système de Management de l'Environnement et de programmes d'Eco-conception.

- En le motivant sur la voie de l'amélioration du profil environnemental de ses produits afin de les concevoir peu impactants et jouir de bénéfices en termes de coûts de production, d'opportunités de marchés, …

[30] Une version démo est téléchargeable sur le site Internet de TU Delft à l'adresse suivante : ***http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/ecoquest/Ecoquest.html***.

- En lui fournissant quelques options d'amélioration environnementale.

En fait l'évaluation des réponses au questionnaire va se concrétiser par un indicateur chiffré, reflet de la position environnementale du fournisseur. En fonction de la valeur de cet indicateur, Eco-Quest donnera à son utilisateur des priorités d'action environnementale sur son produit et quelques suggestions pour s'engager de manière plus globale sur la voie de l'éco-conception.

5. LES OUTILS DE COMMUNICATION

Les outils de cette catégorie sont destinés pour une entreprise à communiquer ses actions en matière de conception environnementale, et ce en fonction de ses propres référentiels. De tels outils peuvent être utilisés par les services commerciaux ou marketing pour informer les clients, les recycleurs éventuels, aider les commerciaux à promouvoir les nouveaux produits sur le marché et par le service environnement pour communiquer sur les actions environnementales de l'entreprise. Nous allons ici détailler quelques uns de ces types d'outils développés par des centres de recherche, des organismes de normalisation ou par les entreprises elles-mêmes pour répondre aux demandes, comme dans le cas d'IBM avec son outil informatique spécifique **PEP**[31] (***Product Environmental Profile***), révélant la composition des produits et leurs principales caractéristiques environnementales potentiellement impactantes [CHING *et al.* 98].

[31] Outil d'IBM, **PEP** : Nous le présentons ici comme un outil de communication mais pour des raisons de simplification nous ne l'avons pas fait apparaître dans d'autres classements; il est en effet également utilisé chez IBM comme outil d'évaluations diverses :

- évaluation des progrès réalisés par les divisions pour respecter les exigences environnementales requises et atteindre les objectifs fixés par la Direction en termes de réduction de la consommation énergétique des produits, d'augmentation de l'utilisation de matériaux recyclés, ...,
- évaluation du respect de la réglementation,
- évaluation de la conception même du produit,

et outil d'aide à l'optimisation fin de vie des produits : il donne par exemple des informations sur le contenu et la localisation des matériaux potentiellement dangereux lors des opérations de désassemblage et de recyclage.

5.1. Déclaration Environnementale de Produit

Source : *Document Volvo sur l'Environmental Product Declaration de la Volvo S80 2.9.*

Il s'agit d'un outil développé par Volvo. La déclaration se décline en quatre "thèmes" : le management environnemental de Volvo, la fabrication (impacts environnementaux en cours de fabrication), l'utilisation (impacts environnementaux en cours d'utilisation) et le recyclage (impacts environnementaux lors du traitement en fin de vie du véhicule).
Pour chacun des thèmes rapporté au véhicule, plusieurs indicateurs ont été choisis :

✔ ***Management de l'environnement***

- Les fournisseurs et l'environnement :

Deux étapes vont permettre à Volvo d'évaluer le comportement des fournisseurs du véhicule vis-à-vis de l'environnement : la recherche de la proportion de fournisseurs disposant d'un système de management de l'environnement (SME) certifié ou enregistré et celle de la proportion de fournisseurs ayant effectué une auto-évaluation de leurs actions environnementales par rapport aux exigences de Volvo.

- Contrôle sur les propres actions de Volvo (celles où Volvo est propriétaire à plus de 50%):

Ces actions doivent être couvertes par un SME.

- Les concessionnaires et l'environnement :

Deux indicateurs ont été définis pour évaluer la position des concessionnaires concernés par le véhicule : la proportion d'employés des concessions européennes ayant reçu une "formation" à l'environnement et la proportion de concessions européennes disposant d'un SME certifié.

✔ ***Fabrication***

- Emission de solvants :

On évalue la quantité d'émissions de solvants dégagés (kg) en cours de fabrication du véhicule.

- Emploi de matériaux :

On évalue la proportion de matériaux utilisés dans le véhicule en regard de la quantité réellement extraite (volonté de diminuer les déchets de fabrication).

- Consommation d'énergie :

On évalue la quantité d'énergie dépensée lors de la fabrication du véhicule.

✔ ***Utilisation***

- Emissions de CO, HC et NO_x (en g/km)
- Evaporation d'hydrocarbures
- Emissions de CO_2 (en g/km)

✔ ***Recyclage***

- Marquage des plastiques

Volvo exige que les pièces plastiques pesant plus de 50 g soient marquées.

- Démontage du véhicule

Pour Volvo, il est essentiel qu'un manuel de démontage par véhicule décrive les meilleures méthodes à suivre. D'autre part, Volvo exige que la quantité de substances dangereuses utilisées soit minimisée voire éliminée et ce grâce à l'emploi des listes noire et grise évoquées plus haut. Un système de contrôle doit être mis en place pour vérifier la composition en matériaux du véhicule.

- Emploi de plastiques recyclés

Volvo doit utiliser de plus en plus de plastiques recyclés dans la fabrication de ses nouveaux modèles. La proportion de plastiques recyclés doit apparaître sur la déclaration.

La déclaration des caractéristiques environnementales du véhicule se présente sous la forme représentée ci-après.

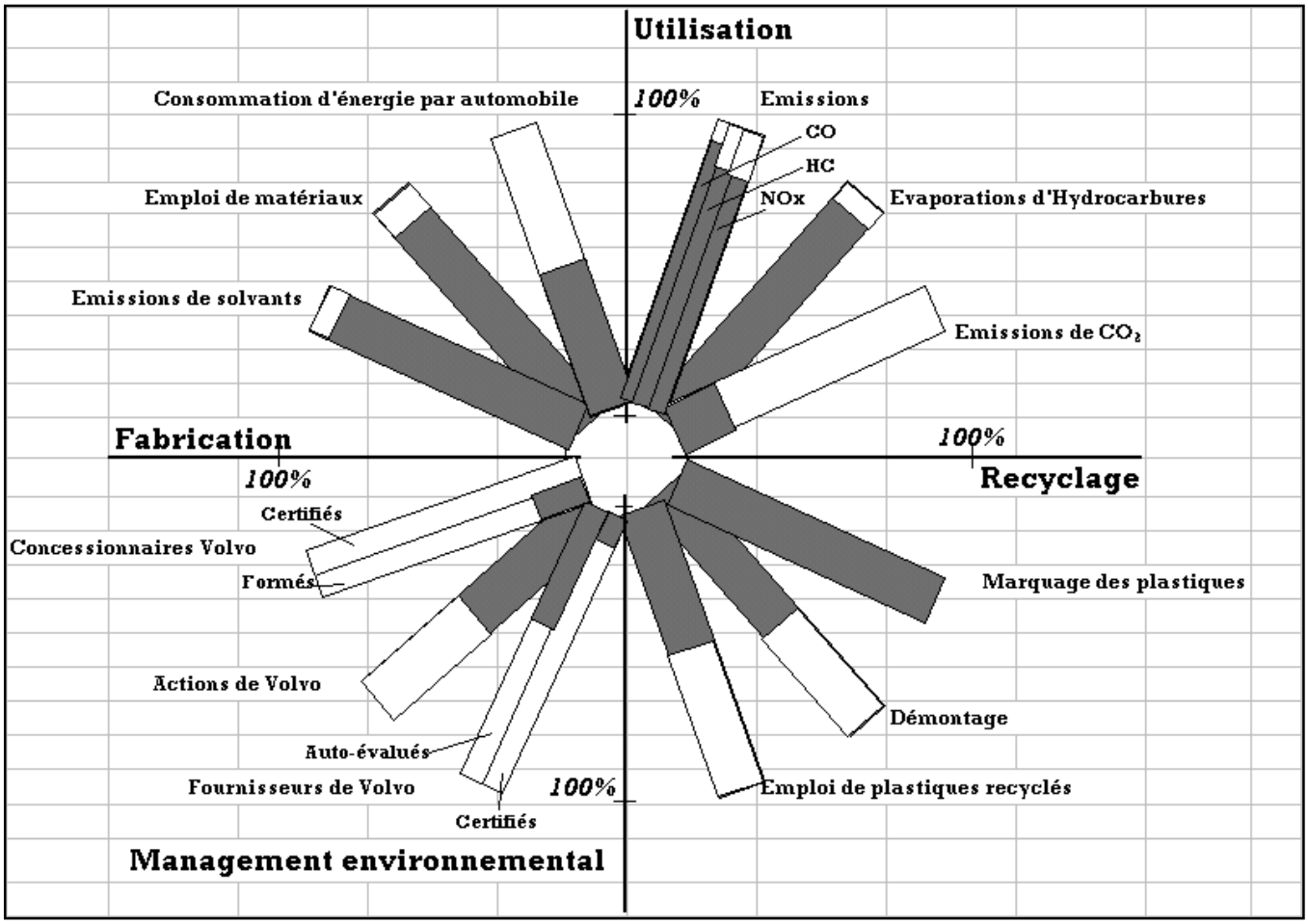


Figure 11 : Exemple de représentation graphique de la Déclaration Environnementale de Produit de Volvo.

Source : Environmental Product Declaration Volvo S80 2.9, brochure commerciale éditée par Volvo, 1998.

Un tel outil sera utilisé en fin de conception par un marketeur ou un agent commercial, dès lors que le véhicule est bien connu et qu'un certain nombre d'hypothèses peuvent être avancées notamment quant aux émissions potentielles au cours de l'utilisation.

5.2. ECMA TR/70 "Product-related environmental attributes"

Ce rapport technique, développé par l'ECMA[32] [ECMA 97], fournit un type d'"éco-langage" concernant les produits électroniques ; il établit en quelque sorte un langage pour négocier et communiquer avec le gouvernement et les associations environnementalistes.

[32] ECMA : Standardizing Information and Communication Systems ; association européenne de normalisation pour les produits d'information et de communication.

Il est ainsi focalisé sur la rédaction d'une auto-déclaration des fabricants leur permettant de communiquer aux clients et aux collecteurs des informations environnementales sur les produits vendus puis collectés en fin de vie : une **écodéclaration**, aux dires de J.C. Carballes, Président de la Commission Environnement de la FIEEC [CARBALLES 99].
Les caractéristiques à intégrer sont ainsi :

- Pour communiquer aux clients : elles sont relatives aux émissions chimiques, aux substances dangereuses, aux types de batterie utilisés et aux possibilités de prolonger la durée de vie,

- Pour communiquer aux collecteurs/recycleurs : elles sont relatives à la facilité de désassemblage, aux pièces à manipuler avec soin, aux pièces réutilisables et au marquage des matériaux.

Remarque : Pour évaluer et communiquer sur les risques d'émissions chimiques (ozone, poussière, ...), physiques (bruit), électromagnétiques, le rapport préconise en particulier les normes de mesure à utiliser.

Un tel outil peut être utilisé par le service qualité chargé de faire les tests sur le produit, par les concepteurs chargés d'établir diverses notices d'utilisation, de mise en garde, ... et enfin par les marketeurs chargés de la communication des caractéristiques du produit sur le marché.

Selon J.C. Carballes, « *ce document ECMA est en cohérence avec la norme ISO 14021 "Marquages et déclarations environnementaux - autodéclaration environnementale", élaborée au sein du comité technique 207 de l'ISO et avec également le futur document ISO 14025 qui concerne la communication environnementale professionnelle* ». Il estime de surcroît que « *la démarche d'autodéclaration semble être la meilleure approche en réponse aux demandes déjà existantes ou à venir des clients ; elle est souple et bien dimensionnée au problème environnemental posé. Elle est beaucoup moins contraignante que l'approche par écolabel* ». Il cite en effet l'exemple des pays nordiques, souvent pionniers en matière d'environnement, où les écodéclarations ont supplanté les écolabels dans le domaine des industries de l'information.

5.3. Roue des Stratégies d'Eco-Conception

On peut retrouver à nouveau dans cette catégorie l'**Eco-Wheel**, qui va servir à un responsable environnement ou développement pour communiquer en interne ou en externe sur les axes stratégiques sur lesquels l'entreprise souhaite engager ses actions.

5.4. Rapport Environnement

C'est l'outil de communication par excellence. Les entreprises s'engagent dans leurs programmes environnementaux à communiquer toutes les années, via ce rapport, sur leurs actions en faveur de l'environnement. Depuis peu les entreprises[33] commencent à publier des rapports comportant un volet relatif aux travaux engagés sur leurs produits.

Nous noterons pour clore ce paragraphe 5 que bon nombre d'outils d'évaluation évoqués dans ce chapitre peuvent aussi être employés comme outils de communication par les entreprises dans la mesure où ils peuvent louer les qualités environnementales d'un produit ; les arguments commerciaux sont alors bien fondés sur des études scientifiques, comme le stipulent de plus en plus de textes relatifs au marketing vert[34], et ce pour pallier le manque de confiance croissant de la clientèle face à des déclarations vagues ou imprécises et la prolifération de labels autodéclarés parmi une multitude d'écolabels officiels.

Un tel inventaire, loin d'être exhaustif, montre néanmoins la multiplicité des outils déjà développés pour aider l'industriel à intégrer le paramètre "environnement" dès la conception des produits.
On peut remarquer une grande diversité d'approche de cette problématique menant indéniablement à des possibilités d'utilisation couplée de certains outils complémentaires. Si l'un par exemple, est focalisé sur le calcul des impacts "écologiques" d'un produit et le second sur les calculs de coûts environnementaux, le couplage des deux permettra d'obtenir des résultats plus complets.
Dans un processus d'éco-conception, plusieurs outils pourront donc être utilisés, chacun à une étape précise du développement.

---

[33] Quelques exemples de paragraphes "Produits" de rapports environnementaux annuels : ***Product Stewardship*** (**IBM**, 1998), ***Policy and practice - Extended product responsability*** (**Siemens**, 1998), ***Product*** (**Sony**, 1999), ***Organization and Tools - Product Development*** (**Electrolux**, 1998), ***The Products of EcoVision*** (**Philips**, 1998), ***Manager l'environnement jusqu'en fin de vie*** (**Renault**, 1998), ***Recherche & Développement - Conception d'un produit ; formulation*** (**Elf Atochem**, 1998) ....

[34] Les arguments verts avancés par une entreprise pour communiquer sur les avantages environnementaux de son produit vont faire l'objet d'une norme ISO 14021 "Marquage et déclarations environnementaux – auto-déclarations environnementales", à compter de mi-décembre 1999. Cette norme a un objectif simple : « *La méthodologie d'évaluation utilisée par les personnes présentant les déclarations environnementales doit être claire, transparente, scientifiquement irréfutable et documentée, de telle sorte que tout acheteur potentiel de produits concernés soit assuré de la validité des déclarations* ». Cette norme se veut être une garantie de fiabilité pour les auto-déclarations environnementales [DE /10 99].

Le choix d'élaborer et d'appliquer tel ou tel outil (type guidelines, check-lists, matrices d'évaluation ...), d'acquérir tel ou tel logiciel, va dépendre d'un certain nombre de critères à prendre en compte : l'entreprise, son domaine d'activité, ses produits, sa stratégie, son organisation interne, ses besoins et bien entendu ses ressources (humaines et financières).

Dans le paragraphe suivant nous allons précisément adjoindre l'utilisation de ces outils au processus d'éco-conception.

6. LES OUTILS DANS UN PROCESSUS D'ECO-CONCEPTION

Tous les outils précédemment décrits vont pouvoir être choisis par les équipes projet pour les aider à développer des éco-produits. Ce paragraphe est destiné à montrer les étapes du processus au cours desquelles chacun de ces outils sera employé, à aider au choix de l'outil selon ses besoins et au choix de l'utilisateur selon le type d'outil.

6.1. L'emploi des outils à travers les étapes du processus d'éco-conception

Nous avons évoqué, en introduisant cette seconde partie du mémoire, les travaux de plusieurs laboratoires concernant l'intégration des outils dans un processus d'éco-conception [KORTMAN *et al.* 95], [LENOX *et al.* 97a]. Ils relatent l'existence de trois dimensions pour caractériser un outil à utiliser dans l'élaboration d'un produit : l'étape de conception où il peut être utilisé, la phase du cycle de vie du produit sur laquelle il se focalise et son "degré d'aide à la décision". Ces trois composantes sont représentées sur la figure 12 ci-après.

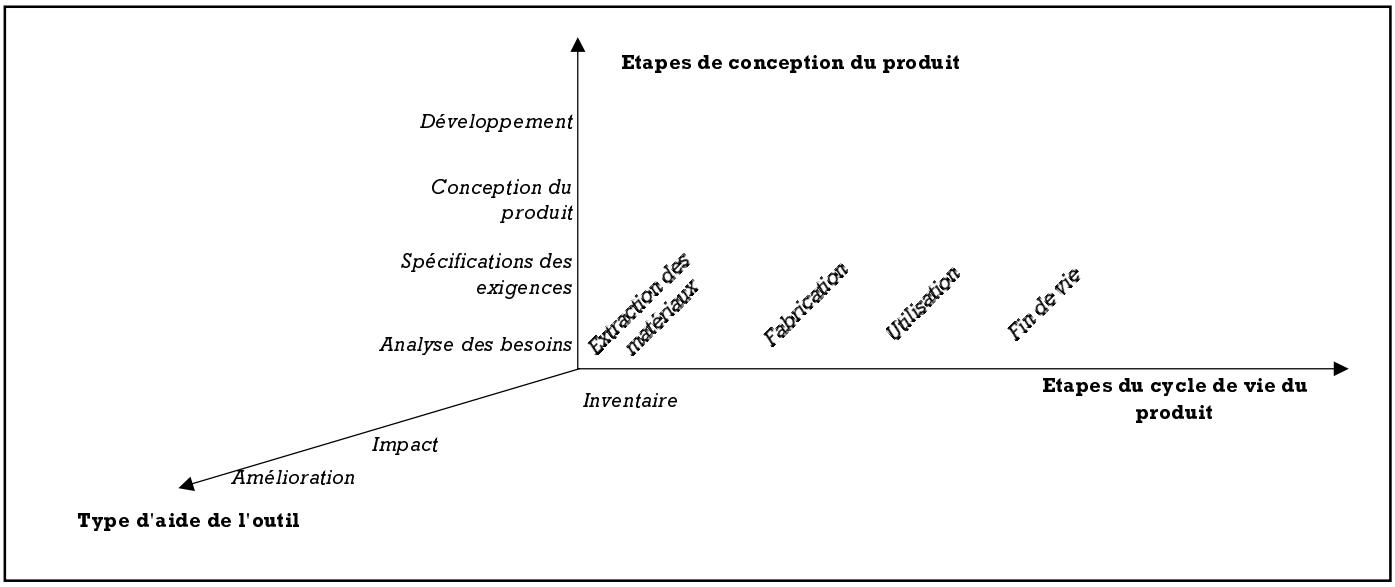


Figure 12 : Niveaux de classification des outils d'éco-conception.

Source : *John Ehrenfeld, "Implementing Design for Environment", A primer guide developed by Digital Equipment and The Massachusetts Institute of Technology program on Technology, Business & Environment, Etats-Unis, 1997, p. 31.*

Nous rappelons ici les étapes du processus d'éco-conception de produit choisi dans le chapitre précédent :

- Planification du projet (ou planning produit),
- Spécifications du produit (avec analyse fonctionnelle),
- Elaboration des concepts,
- Conception préliminaire,
- Conception détaillée,
- Développement,
- Industrialisation,
- Commercialisation,
- Retours d'expérience.

Pour ce qui concerne, le degré d'aide à la décision des outils et la phase du cycle de vie du produit sur laquelle ils se focalisent, nous avons vu dans les paragraphes consacrés à la description des outils, les différentes familles qui existent, les critères pris en compte et les phases concernées.

Pour ce qui concerne le **lien outils/étapes de conception**, la figure 13 suivante décrit succinctement **le modèle que nous proposons** : le déroulement d'un processus d'éco-conception au cours duquel plusieurs outils peuvent être simultanément ou

successivement utilisés. Chaque outil faisant en effet appel à des connaissances, des informations différentes, plus ou moins élaborées, une place particulière pourra lui être attribuée dans le déroulement du processus de conception.

A noter sur cette figure qu'apparaissent également des outils plus classiques, *outils pour la qualité*, comme le **QFD**[35], autre outil du type organisationnel piloté par le service marketing tout au long du projet et l'**AMDEC**[36] utilisée par l'équipe projet en cours de conception (conception détaillée essentiellement).

Le **QFD** est un outil organisationnel permettant de faire entendre "la voix du client" et la véhiculer à travers toutes les phases du cycle de développement. Il va pour lors s'agir d'identifier puis de traduire fidèlement et de façon concertée, concrète, objective, rigoureuse, systématique et disciplinée les attentes du client. [ZAÏDI 90].
La méthode employée se décline en 5 étapes :

1. Etude de marché (attentes des clients ; liste claire des exigences, exhaustive et hiérarchisée, à élaborer)
2. Définition du produit (analyse fonctionnelle : fonctions de service ; QUOI, COMMENT, COMBIEN ?)
3. Définition des composants (spécifications techniques du produit)
4. Définition des processus (moyens et méthodes de travail en cours de fabrication)
5. Organisation de la production

Comme pour d'autres outils organisationnels, il va s'agir de travailler en équipe constituée de 5 à 7 personnes représentant les principaux services concernés par le développement du produit.

L'**AMDEC**, quant à elle, est une méthode rigoureuse et préventive visant à recenser, puis à évaluer, les défaillances potentielles d'un système. La réflexion en groupe (5 à 6 personnes) conduit à une hiérarchisation des causes de défaillance suivie d'une prise de décision quant aux actions à mener.

[35] QFD : Quality Function Deployment.
[36] AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité.

Une telle méthode, appelée parfois "imaginer en négatif"[37], est structurée en 7 étapes séquentielles :

1. Initialiser : Choix et identification du sujet à traiter.
2. Analyser : Analyse fonctionnelle du sujet, défaillances potentielles et conséquences pour le client.
3. Evaluer / Décider : Evaluation et hiérarchisation des défaillances potentielles (effets, causes, degrés de gravité et criticités) + actions correctives à engager.
4. Rechercher des solutions : Recherche de solutions pour les risques supérieurs au seuils.
5. Suivre : Analyse et évaluation des solutions correctives étudiées.
6. Appliquer : Application des solutions correctives retenues.
7. Vérifier / Capitaliser : Vérification de l'efficacité des actions correctives et capitalisation de l'expérience pour des projets futurs.

On peut réaliser entre autres :

- des AMDEC Produit : analyse de la conception du produit pour s'assurer que la solution technologique répond au cahier des charges ,
- des AMDEC Processus : analyse de la conception de l'industrialisation du produit pour s'assurer que le processus industriel étudié permettra en série de fabriquer un produit conforme aux spécifications et donc au besoin du client.

Dans la figure 13 ci-après, il s'agit plutôt d'AMDEC Produit où l'on intègre la donnée environnementale liée au produit.

Ces outils, QFD et AMDEC, peuvent être employés en intégrant la composante Environnement : les exigences environnementales des clients pour le QFD et les risques environnementaux à prévoir pour l'AMDEC. Ainsi plusieurs équipes de recherche ont élaboré quelques pistes pour étendre l'emploi de ces outils classiques dans une approche environnementale :

- Le **QEFD** – *Quality and Environment Function Deployment* – (modèle danois) : méthode QFD au cours de laquelle on utilise des résultats d'ACV pour améliorer la position du produit sur le marché [OLESEN 97].

- Le **EOD** – *Environmental Objective Deployment* – (modèle suédois) : modèle inspiré de la matrice "maison de la qualité" de la méthode QFD ; il analyse la

[37] AMDEC = "*Imaginer en négatif*" par opposition à la conception = "*Créer en positif*".

corrélation entre critères environnementaux et produits pour identifier les meilleurs critères d'éco-conception à considérer [KARLSSON 97] & [DAVIDSSON 98].

- L'**EIFA** – *Environmental Impact and Factor Analysis* – (modèle californien) : modèle basé sur la méthode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), méthode pratiquement équivalente à l'AMDEC ; ce modèle identifie les dangers potentiels pour l'environnement engendrés par des composants individuels ou groupes de composants dans un mode de conception donné [DAVIDSSON 98].

- L'**Environmental FMEA** ou **E-FMEA** (modèle suédois) : modèle qui identifie et évalue les impacts environnementaux potentiels du produit dans une approche cycle de vie et ce pour prévenir d'éventuelles "défaillances environnementales" [DAVIDSSON 98]. Cette approche est en particulier utilisée chez Volvo d'après son rapport Environnement de 1998.

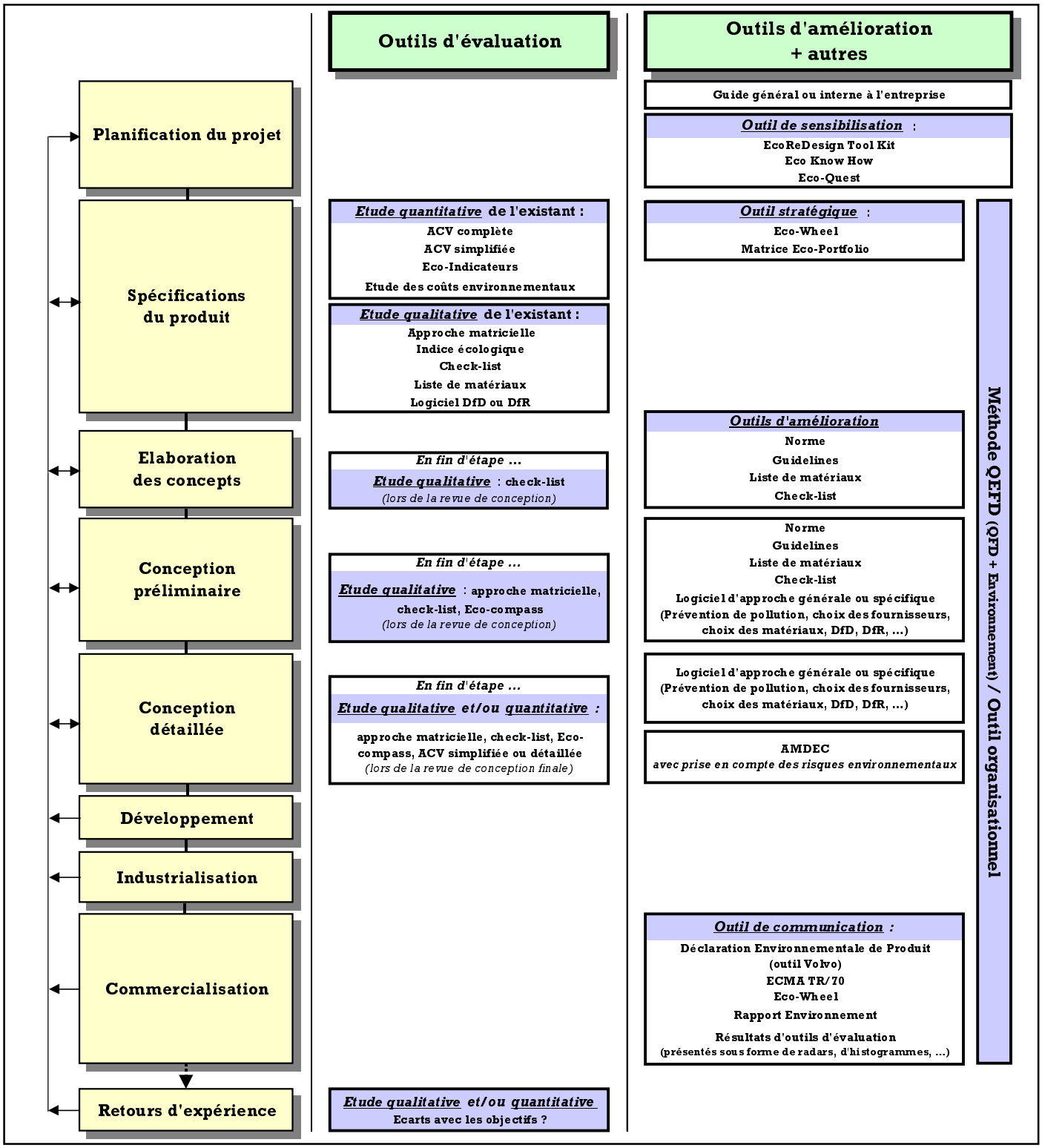


Figure 13 : Les outils dans un processus d'éco-conception : à quelle étape les utiliser ?

Sur la figure 13, sont mentionnés tous les types d'outils qui peuvent être employés par les équipes projet au cours du processus de conception. Il s'agit là de montrer à quel niveau du déroulement du processus de création ils peuvent être insérés. **Ce modèle proposé**

ne constitue en aucun cas une référence de processus d'éco-conception où tous les outils présentés seraient à utiliser. Chaque entreprise va en effet procéder selon ses moyens, financiers et humains, ses connaissances, acquérir certains de ces outils, les adapter à ses activités, en développer d'autres et ce pour satisfaire sa politique de développement et sa stratégie.

Remarque : Un même outil d'évaluation (check-list…) ou d'amélioration (guidelines, norme, logiciel DfD …) peut être employé à plusieurs étapes du processus.

6.2. Le choix de l'outil et de son utilisateur

D'après B. Bras, un outil pourra être caractérisé de la manière suivante [BRAS 97] :

- Sa **simplicité** : aptitude à l'usage, facilité de mise à l'épreuve, convivialité,
- Sa **validité** : qualité des données,
- Ses **exigences** en termes de ressources humaines, financières et matérielles,
- Son **aptitude à fournir des résultats exploitables,**
- Son **objectivité** : deux utilisateurs doivent si possible obtenir des résultats semblables,
- Son **adaptabilité** par rapport à l'entreprise et aux différents projets de développement,
- Son **caractère évolutif** : capacité à faire évoluer les informations qu'il contient.

Une équipe projet, au cours de sa démarche, aura besoin de différents outils dont les types vont dépendre de la stratégie d'entreprise (le niveau d'exigence requis), de son organisation, du niveau d'intégration des pratiques de DfE, de l'étape du processus de conception et du niveau de connaissances nécessaire [MIZUKI *et al.* 96].
Les diverses questions à se poser lors du choix de l'outil à telle ou telle étape du processus d'éco-conception sont :

- Qui utilisera l'outil ?
- Pourquoi l'utilisera-t-il ?
- De quelles informations aura-t-il besoin pour l'utiliser ? Peut-il en disposer à cette étape du processus ?
- Dispose-t-il des compétences nécessaires et suffisantes ?
- Quel résultat va donner l'outil et sous quelle forme ?
- Ce résultat sera-t-il suffisamment exploitable par son utilisateur ?

Chaque outil ayant ses propres caractéristiques et objectifs, l'utilisateur de l'outil pourra varier selon les cas de figures et en particulier l'organisation structurelle de l'entreprise : existence ou pas notamment d'un expert en éco-conception (cf paragraphe sur l'organisation interne dans le chapitre précédent).
Nous avons essayé, dans le tableau qui suit, d'identifier le ou les utilisateurs potentiels de chacun des outils. Plusieurs personnes parfois peuvent être disposées à les utiliser.
Lorsque l'entreprise dispose d'un expert en éco-conception, interne ou externe au service environnement, intégré ou non dans l'équipe projet, lui reviendra bien souvent cette tâche. Dans le cas contraire l'entreprise pourra avoir recours à un consultant externe ou s'appuyer sur les compétences internes de concepteurs, de marketeurs, du responsable environnement - ou membre de ce service - , …

Le tableau suivant présente les outils et leurs utilisateurs potentiels :

Outil	**Type**	***Acteurs***					
		Equipe projet	**Service Environnement**	**Expert en éco-conception**	**Concepteur**	**Marketeur**	**Acheteur**
ACV complète	**Evaluation à dominante quantitative**			✘			
ACV simplifiée				✘	✘		
Méthodes des éco-indicateurs				✘	✘		
MIPS				✘			
Etude des coûts			✘	✘			
Approche matricielle	**Evaluation à dominante qualitative**			✘	✘		
Evaluation basée sur la réglementation				✘			
Indice écologique					✘		
Eco-compass				✘	✘		
Check-list				✘	✘		
Liste de matériaux					✘		

…/…

Outil	Type	Acteurs					
		Equipe projet	Service Environnement	Expert en éco-conception	Concepteur	Marketeur	Acheteur
Norme	Amélioration	✘		✘			
Guidelines		✘		✘			
Check-list				✘	✘		
Liste de matériaux					✘		✘
Guide			✘	✘			
Logiciel DfE, DfD, ...				✘	✘		✘
Outil organisationnel		✘					
EcoReDesign Tool Kit	Sensibilisation	✘					
Eco Know How		✘					
Eco Quest							F
Eco-Wheel	Stratégique					✘	
Matrice Eco-Portfolio						✘	
Déclaration Environnementale de Produit (Volvo)	Communication					✘	
ECMA TR/70					✘	✘	
Rapport Environnement			✘				
Résultats d'évaluation						✘	

Tableau 19 : Les différents types d'outils répertoriés et leurs utilisateurs potentiels.

Légende : **Equipe projet** : tous les membres sont concernés par l'emploi de l'outil désigné (concepteurs, marketeurs, acheteurs, ...).
F : **Fournisseurs**.

Remarque : Nous avons répertorié dans ce tableau l'ensemble des outils précédemment évoqués. La liste ne saurait être exhaustive dans chacune des principales catégories (évaluation, amélioration, stratégique, sensibilisation, communication).

D'après ce tableau 19 on remarque que chaque acteur de l'entreprise et plus particulièrement de l'équipe projet peut être concerné par l'emploi d'un outil. Il reste que l'expert en éco-conception ou un représentant du service environnement (si aucun

expert) et le concepteur demeurent probablement les plus sollicités dans la démarche globale d'éco-conception, sans compter une mobilisation non négligeable du service marketing.

Enfin, en conclusion de ce paragraphe 6, nous rapporterons simplement la nécessité de bien identifier, avant l'emploi des outils, les acteurs concernés et ce par rapport aux connaissances requises et à l'exploitabilité des résultats. Aussi selon leur type et leur besoin d'information sur le produit ces outils ne pourront être utilisés qu'à certaines étapes du processus de conception.

7. LES OUTILS DANS UN SYSTEME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

D'après notre enquête et la littérature, il s'avère que, bon nombre d'entreprises se préoccupant d'environnement dans la conception de leurs produits, ont dans un premier temps focalisé leurs actions sur leur site de production, en cela encouragées par la publication d'une série normes ISO 14000 sur le management environnemental. S'étant déjà structurées et organisées pour la certification qualité, de plus en plus exigée par leurs clients, cette démarche de certification environnementale ne leur parut pas insurmontable. Certaines entreprises, certes, ne souhaitent pas systématiquement atteindre la certification ISO 14001 mais élaborent néanmoins les procédures ad hoc pour faciliter le management de leur site.
En matière d'éco-conception, il n'existe pas encore de procédures établies mais l'on peut noter d'après l'équipe de recherche de M. Simon que des outils peuvent être utilisés dans la structure même d'un système de management de l'environnement puisque certains répondent précisément aux exigences de certaines procédures du SME [SWEATMAN *et al.* 97]. Le succès de la conception pour l'environnement sera précisément lié à la combinaison du processus traditionnel de développement de produit avec le management de l'environnement d'après M. Karlsson [KARLSSON 97] qui estime que la structure d'un SME est proche de celle d'un processus d'éco-conception de produit. Le tableau 20 suivant représente cette similitude structurelle.

Système de Management de l'Environnement	Conception pour l'environnement
4.2 Politique environnementale	Engagement dans la prise en compte des impacts environnementaux des produits.
4.3 Planification	Objectifs et cibles pour réduire les impacts des produits.
4.4 Mise en œuvre & fonctionnement	Plans d'action pour remplir les objectifs précédemment fixés. Allocation des responsabilités de chacun des membres de l'équipe projet (marketing, achats, bureau d'études).
4.5 Contrôle & action corrective	Evaluation des impacts des nouveaux produits en fin de conception (ACV) pour d'une part vérifier si les objectifs fixés pourront être atteints et d'autre part améliorer les pratiques et le système.
4.6 Revue de la Direction	Revue de la politique et des objectifs pour réduire encore les impacts environnementaux des futurs produits.

Tableau 20 : Système de Management de l'Environnement et Conception pour l'environnement.

La principale différence entre les deux réside dans l'objectif même d'action qui sera la satisfaction des besoins du client pour le développement de produit et la réduction des impacts environnementaux pour le SME (sans forcément satisfaire le client …).

Pour revenir aux différentes étapes d'un SME et les outils relatifs aux produits, nous estimons comme J. Kortman & R. Van Berkel que les outils d'évaluation peuvent être utilisés au cours des étapes de planification puis de contrôle, tandis que ceux d'amélioration, au cours de l'étape de mise en œuvre [KORTMAN *et al.* 95].
Pour ce qui concerne la revue de la Direction, T. Mc Aloone propose un outil dédié à l'évaluation même du processus d'éco-conception d'une entreprise [Mc ALOONE *et al.* 97]. Cet outil se décline en cinq parties avec 4 questions pour chacune d'elles. A chaque question correspond une réponse binaire oui (**1**) / non (**0**) où 1 représente une situation idéale pour l'environnement.

Les cinq parties sont les suivantes :

- **Motivation initiale et soutenue** (par la Direction, le Groupe, ...),
- **Flux d'information/Communication** : équipes de conception cross-fonctionnelles, existence d'un manuel de conception environnementale, existence d'un expert en éco-conception, ... ,
- **Vision Cycle de Vie** : contrats de retour des produits, unités de remise à neuf des produits, estimation des économies réalisées, ... ,
- **Pratique de la Conception Environnementale** : prise en compte du critère environnement, étude ACV, revue de conception environnementale, ... ,
- **Positionnement stratégique** : objectifs à long terme, communication, ...

Pour chacune des parties les scores des réponses obtenues sont additionnés (entre 0 et 4) puis positionnés sur un radar qui permettra rapidement à la Direction d'identifier les points à améliorer pour un projet ultérieur (objectif d'amélioration continue propre à un SME).

Plusieurs entreprises en fait lient l'éco-conception et le management environnemental. Ainsi Philips a conçu son manuel d'éco-conception ***Point of no Return*** [MEINDERS 97a,b] selon le plan de la norme ISO 14001 relative à la certification du Système de Management de l'Environnement de l'entreprise :

1. Engagement de la Direction
2. Politique environnementale
3. Planification
4. Mise en œuvre et fonctionnement
5. Contrôle et action corrective
6. Revue de la Direction

Ce lien est dû au fait que le processus d'éco-conception a besoin d'une architecture avec des procédures précises à suivre pour que l'équipe projet puisse intégrer de manière de plus en plus systématique la composante environnement dans la structure du processus de conception classique des produits (la PCP ou Procédure de Création de Produit chez Philips). Le groupe hollandais suggère de s'inspirer de l'approche structurée de la norme ISO 14001.
Ce point de vue est partagé par le professeur H. Brezet (TU Delft) qui dans un article écrit en collaboration avec C. Rocha (*doctorante à l'INETI*[38]), "*Product-oriented environmental management systems : a case study*" [ROCHA *et al.* 99], présente un modèle de système

[38] INETI : Instituto Nacional de Engenharia E Tecnologia Industrial (Portugal).

de management environnemental orienté - produit basé sur l'approche Plan-Do-Check-Act (ou Planifier-Agir-Vérifier-Réagir).

CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de faire le point sur le panel d'outils de caractéristiques multiples dont peuvent disposer les équipes projet dans leur démarche.
Par définition un outil va permettre à son utilisateur d'effectuer un travail. Pour ce qui concerne les outils, que nous avons qualifiés **d'évaluation**, ils lui permettront d'établir un profil environnemental du produit, que cette évaluation soit à dominante quantitative ou qualitative, selon une approche cycle de vie ou spécifique.
Les outils qualifiés **d'amélioration** de l'éco-conception seront quant à eux utilisés pour guider l'équipe, et les concepteurs en particulier, dans le processus de développement. Sous forme papier ou informatisée, ils sont en effet conçus pour fournir à l'utilisateur des voies d'amélioration de la conception et ce en lui indiquant les réglementations auxquelles il doit se soumettre, en lui donnant les règles à suivre en termes d'emploi de matériaux, de structure des produits…
Outre ces deux grandes catégories d'outils il en est d'autres que nous avons brièvement évoquées : certaines sont destinées à sensibiliser les acteurs à l'éco-conception, d'autres à établir des stratégies - par le service marketing en particulier - et certains enfin à communiquer les actions environnement-produit des équipes. Les rôles principaux de tous ces outils sont de permettre la communication entre les services et la diffusion des informations.
Ils ne pourront aider les équipes qu'en étant utilisés à bon escient c'est-à-dire dans l'étape adéquate du processus de conception, en répondant précisément aux questions soulevées et en fournissant des résultats suffisamment compréhensibles et exploitables par leurs utilisateurs.
Beaucoup d'outils, logiciels en particulier, considérés comme complexes ont été développés en marge du monde industriel. Leur mise en situation s'avère donc compromise non seulement par de nombreux problèmes d'ordre financier et/ou matériel mais aussi des problèmes de méconnaissance de l'activité même de conception et de sous-estimation des phénomènes d'apprentissage inhérents à cette activité.
On constate souvent sur le terrain que les outils les plus couramment employés demeurent encore sous forme papier comme les guidelines, les guides, les check-lists, … On leur reproche leur manque d'interactivité, de dynamisme mais pour l'heure les logiciels d'éco-conception, prônant cette réactivité essentielle dans un monde en perpétuel mouvement, ne répondent pourtant pas encore aux besoins des équipes. Une adaptabilité parfois difficile dans le monde des concepteurs, un manque de langage

commun, une urgente nécessité de développer des connaissances nouvelles et le sentiment d'obtenir des résultats peu significatifs au regard des investissements réalisés, contribuent à ralentir cette appropriation des logiciels par les entreprises.

Comme nous l'avons vu pour certaines entreprises, malgré un foisonnement d'outils et des ressources organisationnelles constituées en services généraux, cela ne suffit pourtant pas toujours à assurer la mobilisation de chacun et la réussite du processus d'éco-conception. Cette situation se retrouve dans les petites unités dépendant de grands groupes comme nous allons l'illustrer dans la partie suivante qui concerne notre approche terrain chez Philips Eclairage. Elle va notamment nous permettre de constater que des outils, aussi performants soient-ils, ne pourront être pleinement exploités si les enjeux restent incompris, les connaissances insuffisantes et l'organisation industrielle inadaptée[39].

[39] Organisation concernant en particulier la circulation des informations et des connaissances.

PARTIE 3 : CONFRONTATION AUX REALITES DU MONDE INDUSTRIEL : PROPOSITION D'UNE DEMARCHE GLOBALE D'ECO-CONCEPTION CHEZ PHILIPS ECLAIRAGE

SOMMAIRE

INTRODUCTION **252**

1. LES PREMIERS PAS VERS L'APPROCHE ENVIRONNEMENT-PRODUIT **257**

1.1. MISE À L'ÉPREUVE D'UN OUTIL D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE **259**

1.1.1. Outil utilisé et produits étudiés 259

1.1.2. Protocole de l'étude 260

1.1.3. Principaux résultats d'étude 262

1.1.3.1. Etude sur le luminaire encastré Europa 2 263

1.1.3.1.1. Phase de fabrication 263

1.1.3.1.2. Phase de distribution 265

1.1.3.1.3. Phase d'utilisation 265

1.1.3.1.4. Phase de fin de vie 266

1.1.3.2. Etude sur le luminaire encastré Europa 99 269

1.1.3.3. Etude sur une version de luminaire encastré sans le ballast conventionnel 270

1.1.4. Critiques de l'outil Ecoscan : ses avantages 272

1.1.5. Critiques de l'outil Ecoscan : ses limites 273

1.2. ETUDE DE BENCHMARKING ENVIRONNEMENTAL **277**

1.2.1. La méthode et les produits étudiés 277

1.2.2. Des résultats plus parlants pour une équipe projet 280

1.3. CONCLUSION ET RÉFLEXIONS INSPIRÉES DES DEUX ÉTUDES **283**

1.4. POINTS DE VUE DES SERVICES VIS-À-VIS DE CETTE NOUVELLE APPROCHE DE LA CONCEPTION **285**

1.4.1. Le Responsable Environnement : objectifs précis d'éco-conception mais imprécisions dans le choix des moyens 285

1.4.2. Le Bureau d'Etude : l'Environnement perçu comme une contrainte supplémentaire par des concepteurs démunis 287
1.4.2.1. Des réactions vis-à-vis de la politique globale et de la Direction 287
1.4.2.2. Perception de la contrainte environnementale 288
1.4.2.3. Contradiction entre l'éco-citoyen et l'éco-concepteur : le concepteur en manque d'incitation 289
1.4.2.4. Réactions vis-à-vis des études Ecoscan et Benchmarking 290
1.4.2.5. Quid de la nécessité de l'expertise ? 291
1.4.3. Le service Marketing : les marketeurs en attente de signes forts face à des exigences environnementales des clients encore peu ressenties 292
1.4.4. Le service Achats : Le choix difficile des fournisseurs respectueux de l'environnement 294

2. L'ENVIRONNEMENT AU CŒUR DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION 297

2.1. LA DÉMARCHE CLASSIQUE DE CONCEPTION : LA PROCÉDURE DE CRÉATION DE PRODUIT 298
2.2. QUID DE L'INTÉGRATION DU PARAMÈTRE ENVIRONNEMENT DANS LA PROCÉDURE DE CRÉATION DE PRODUIT ? 301
2.2.1. Introduction des niveaux d'éco-conception 301
2.2.2. Les points d'entrée de l'environnement dans la PCP 304
2.2.3. Développement d'outils adaptés aux deux niveaux d'éco-conception 306

CONCLUSION 314

INTRODUCTION

Le groupe Philips, multinationale diversifiée dans les métiers de l'électronique, fut parmi les premières entreprises à se préoccuper des impacts de ses activités sur l'environnement.
Dès 1970, le "Board Management " prit l'initiative de formuler un certain nombre de guidelines ayant pour objet d'améliorer les performances environnementales des nombreuses unités de la société.
Sa politique en matière d'environnement est depuis devenu un élément essentiel dans les actions de l'organisation toute entière.
Cette politique environnementale globale fut élaborée pour la première fois en 1987 puis mise à jour en 1991. Elle est depuis régulièrement modifiée et adaptée pour satisfaire aux exigences évolutives de l'environnement - via notamment la réglementation - et les demandes des partenaires (cf Annexe n°6 : ***Politique Environnementale de Philips***).

La philosophie générale de la vision environnementale du groupe Philips, déclinée par son président Cor Boonstra, est une totale conviction dans le Développement Durable vu comme «*l'un des plus grands défis auxquels notre planète soit confrontée*». D'après Monsieur Boonstra, Philips s'engage ainsi à constamment explorer les voies vers un juste équilibre entre économie et écologie.
Cette politique se décline autour de quatre principes dits "de base" :

Le Développement Durable
Equilibrer développement économique et impacts écologiques
"Mieux vaut prévenir que guérir"
Anticiper pour éviter des accidents aux conséquences fâcheuses pour l'environnement
Une approche par le cycle de vie
Tout prendre en compte depuis la naissance des produits jusqu'à leur fin de vie
Coopération
Coopérer avec les instances gouvernementales et autres partenaires

Les règles essentielles édictées par la politique environnementale du groupe Philips, en particulier concernant ses produits, sont les suivantes :

- Philips établit des objectifs réalistes sur les plans technique et économique pour optimiser la performance environnementale de ses produits : l'évaluation de l'impact environnemental sur tout le cycle de vie, la réduction, voire l'élimination des

substances dangereuses, la réduction de la consommation d'énergie, l'amélioration de l'aptitude au recyclage et à l'élimination en fin de vie.

- Philips s'engage à respecter toutes les réglementations qui s'appliquent et est prête à passer des accords volontaires.

- Philips s'engage à communiquer sa politique environnementale à ses employés et ses partenaires et à publier ses résultats.

- Philips apprend à ses employés à œuvrer dans le cadre de sa politique environnementale.

Philips prit donc assez tôt l'initiative d'intégrer l'environnement dans toutes ses décisions d'ordre stratégique non seulement au niveau du groupe mais aussi de ses divisions produits en se dotant de plans d'action où l'éco-conception prit ses lettres de noblesse.

Le premier programme d'actions introduisant cette approche produit, "*The Environmental Opportunity*"[1] fut lancé en 1994. Il est représenté sur la figure 1 suivante. Il désignait l'éco-conception comme l'un des points stratégiques majeurs parmi les huit points d'action définis pour bénéficier des avantages suivants :

- Anticipation de l'évolution de la législation concernant les produits
- Réduction du coût des produits (et du coût total d'usage des produits)
- Accroissement de la force compétitive
- Amélioration de l'image de marque vis-à-vis des clients

[1] "The Environmental Opportunity" : *It aims at reversing our attitude from avoiding threats to looking for chalenges* (L'environnement : à considérer davantage comme une opportunité qu'une menace).

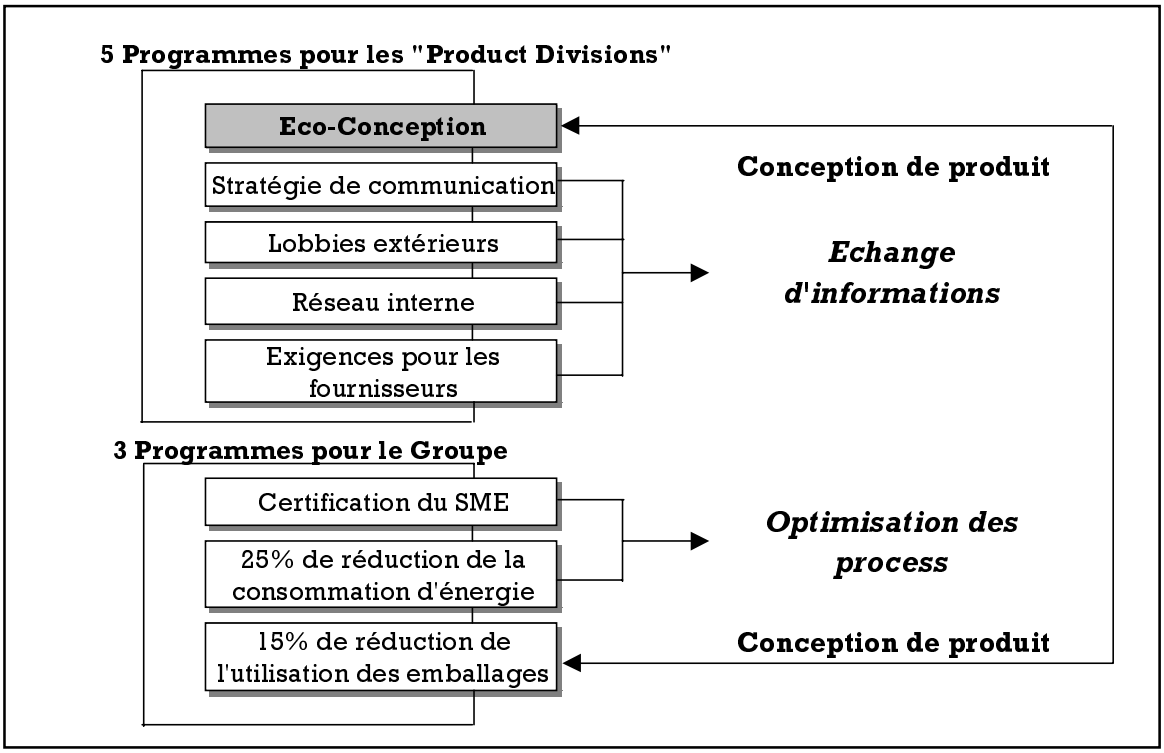


Figure 1 : Programme de Philips de 1994 : The Environmental Opportunity.

Fin 1997, le groupe décidait d'élaborer un second programme d'"éco-développement" pour la période 1998-2002 : "*EcoVision*". Ce programme couvre à la fois les aspects "produit", "production", communication et "contrôle" (cf Annexe n°7 : ***Programme Eco-Vision de Philips 1998-2002***).

Concernant les produits, Philips réaffirme l'intégration de l'environnement dans ses activités pour un bon positionnement de l'entreprise en termes concurrentiel et commercial.
Le programme stipule que désormais le développement des produits, le marketing et les ventes devront être focalisés sur l'un ou plusieurs des critères ou indicateurs environnementaux suivants :

- **Masse**
- **Substances toxiques**
- **Consommation d'énergie**
- **Recyclabilité / Fin de vie**
- **Emballage**

A chacun de ces critères est attribué un pictogramme, utilisé dans le cadre des communications.

A noter ici que le choix de ces critères peut être foncièrement critiquable puisque certains soulèvent de nombreux débats environnementaux et d'autres présentent entre eux des antinomies manifestes. Nous reviendrons plus tard sur ce problème mais pouvons d'ores et déjà évoquer quelques exemples qui illustrent ces propos. Prenons ainsi les cas de :

- *l'emploi des lampes à mercure* : ce sont certes des lampes à économie d'énergie, qui pourraient donc satisfaire le critère "énergie" mais que dire du critère "substances toxiques" ? Quelle priorité doit-on donner à chacun de ces deux critères ? Est-ce la stratégie d'entreprise qui va en décider (en ne prenant en compte qu'un seul critère) ?

- *l'emploi des plastiques à la place des métaux* : ils permettent certes de diminuer effectivement la masse du produit mais posent davantage de problèmes en termes de recyclage en fin de vie. Dans le cas de l'automobile par exemple, on peut être en présence d'un délicat dilemme entre :

    - un véhicule avec beaucoup de composants plastiques, plus léger, moins énergivore parfois difficile à recycler,
    - et un véhicule avec beaucoup de composants métalliques, plus lourd, plus énergivore, facile à recycler…

- *l'emploi des emballages* ; ce critère est complexe et peut en effet soulever un débat consistant à se demander dans quel cas les impacts environnementaux sont les moindres : emballage lourd employé plusieurs fois versus emballage léger employé une seule fois ?

  Dans le programme Eco-Vision l'accent est tout particulièrement porté sur les emballages utilisés dont la masse devra être réduite de 15% d'ici 2000 par rapport à l'année de référence 1994 (année du précédent programme). Mais est-ce à dire qu'un emballage plus léger suffit à être bien meilleur pour l'environnement ? Ne doit-on pas prendre en compte également le volume, la présence éventuelle de substances toxiques du type colle ou encre, le nombre de matériaux, si l'emballage est recyclable voire même recyclé, …. ? En définitive, que signifie être "bon" ou "meilleur" sur ce critère emballage ?

A compter de l'année 1998, les unités de chaque branche d'activité doivent choisir leur "produit-phare vert" (produit *Green Flagship*) et en développer au moins un par an.

Elles doivent aussi définir le pourcentage de leur portefeuille de produits ayant été conçus selon quelques règles d'éco-conception (produits *Ecodesign*) et montrer que cette proportion pourra s'accroître durant la période 1999-2001.

Remarque : Bien entendu, les produit-phares verts et les produits ayant bénéficié de l'éco-conception devront en règle générale être comparés et améliorés sur la base des cinq critères précédemment définis.

Au niveau de la production, le programme Eco Vision vise des réductions de 35% de la production de déchets, de 25% de la consommation d'énergie et de l'emploi de substances dangereuses (de 20% à 98% selon leur catégorie) pour 2002, sans compter une amélioration de 25% des rendements énergétiques, l'année de référence choisie pour fixer ces objectifs étant toujours l'année 1994.
Il est de plus exigé que tous les sites de production soient certifiés ISO 14001 en 2000.

Enfin dans le but de montrer que Philips est une entreprise éco-citoyenne qui œuvre pour l'environnement, elle est tenue d'éditer des rapports environnementaux, lesquels devraient faire l'objet de vérifications externes. Le dernier en date a été édité en avril 1999 ; il présente plusieurs exemples de produits développés dans le cadre du programme Eco-Vision *(dont le luminaire Europa 2 que nous avons étudié).*

Une telle politique et les programmes d'action s'y rapportant, se déclinant dans les neuf divisions "Produit" du groupe Philips, c'est dans ce cadre que nous avons engagé une collaboration avec une unité de production française de la division Lighting (groupe). Cette unité de 230 personnes, implantée à Lamotte-Beuvron (41), est malgré sa petite taille un Centre de Compétence International appartenant à la branche d'activité "Luminaires" de Philips Eclairage, une division de Philips France. Les activités sont axées sur le développement de luminaires architecturaux et décoratifs. **L'unité ne peut être bien entendu considérée comme une PME mais se comporte néanmoins comme telle** ; elle dispose en effet d'une large autonomie tant dans la définition et la conception de ses produits que dans leur fabrication et leur commercialisation.
Sous l'impulsion du groupe, cette unité souhaitant s'engager dans la voie de l'éco-conception, nous a confié une mission multiple :

- Mise à l'épreuve d'un outil d'évaluation environnementale à travers un logiciel d'ACV,
- Sensibilisation à ces nouvelles notions d'"environnement-produit" des différents services concernés par le développement,
- Intégration de la donnée environnementale dans la Procédure de Création de Produit (PCP) du site (*aide des équipes projet dans leur démarche*).

Pour conclure sur cet exposé du contexte de notre collaboration avec Philips, nous pourrions dire qu'à l'évidence le groupe affiche très nettement sa volonté d'améliorer son image de marque en se préoccupant de l'environnement et communique abondamment sur sa démarche. Il présente de façon systématique des critères généraux d'éco-conception sur lesquels les unités doivent s'appuyer mais nous verrons dans les propos qui vont suivre que leur déclinaison concrète dans une unité du groupe n'est pas si simple.

1. LES PREMIERS PAS VERS L'APPROCHE ENVIRONNEMENT-PRODUIT

En réponse aux exigences du groupe dans le cadre de sa politique environnementale, Philips Lamotte-Beuvron s'est dotée d'un **Système de Management Environnemental** certifié ISO 14001 début 1998[2].
Une volonté de réduire le poids de ses **emballages** conformément aux objectifs des programmes successifs The Environmental Opportunity et Eco-Vision (15% au 1.1.2000, par rapport à 1994) avait déjà conduit l'unité à se préoccuper d'environnement dans le métier même de la conception[3]. Le groupe de travail "emballage", ainsi constitué pour trouver de nouvelles solutions conduisit, après plusieurs mois de réflexions, l'unité à réaliser en 1998 près de 56% de réduction par modification du système de remplissage des emballages.
Au niveau même de ses **produits** cependant, aucune approche complète n'avait été entreprise jusque-là bien qu'un certain nombre de documents relatifs à cette approche environnement-produit aient été transmis par le CEEO (Corporate Environmental and Energy office) au responsable Environnement du site, lequel les a plus ou moins bien distribués à chacun des services concernés. On y trouve notamment :

- les **directives internes** du groupe, inspirées des réglementations environnementales internationales, concernant principalement les substances interdites ou réglementées, les emballages, le marquage des pièces, la communication "verte",

[2] La mise en place du SME a été possible grâce à la constitution d'une équipe dénommée Groupe Opérationnel Environnement (G.O.E.). Elle est constituée de membres de différents services de l'entreprise : le Responsable Environnement, le Responsable Qualité, le Responsable Entretien/Maintenance, le chef d'atelier mécanique/peinture, le Responsable MPDL (Machine and Product Documentation Lighting), le Responsable du BE, un acheteur et un marketeur.
[3] L'unité de Lamotte-Beuvron conçoit elle-même les emballages de ses produits mais ne les fabrique pas.

- des **documents** relatifs à l'état de la réglementation[4] au niveau international sur la consommation d'énergie dans les produits, les écolabels, les emballages, les déchets, les substances toxiques, ...,

- des **manuels** évoquant d'une manière générale la politique de Philips en matière d'environnement, les principales définitions à connaître, les actions à mener et plus spécifiquement :
    - des notions de cycle de vie, des règles d'éco-conception pour concevoir pour désassembler (tableau de compatibilité des plastiques, règles sur les vis, les clips, ...), des règles pour les emballages, les problèmes potentiellement engendrés par tel ou tel matériau ou composant et les conseils pour les éviter : "***Green Pages***", 1995,

    - des règles pour établir une politique de conception "verte", des outils d'évaluation (ACV, Eco-Indicator, Eco-Estimator, Fast Five) : "***Point of No Return***", 1997,

- des **newsletters** spécifiques aux actions environnementales de Philips Lighting, élaborées par la *Support Team Environmental Management*. Elles informent les lecteurs sur tout ce qui concerne l'éclairage et l'environnement en matière de réglementation, de communication, d'écolabels ...

Ce sont pour la plupart des informations à caractère général du groupe ou plus spécifiquement de la division Lighting, sans accompagnement ou information particulière. Il n'est ainsi fait état d'aucune recommandation sur l'utilisation des outils et la mise en place d'une organisation. Des informations et expériences sont toutefois échangées entre les différentes unités de Philips France en particulier, lors des réunions de leurs Responsables Environnement (quatre fois par an) et celles de leurs groupes de travail "Ecodesign"[5] (plusieurs fois par an mais moins régulières).

Concernant les luminaires, la première étape fut donc d'évaluer les impacts environnementaux du cycle de vie de produits conçus et assemblés sur le site. Il s'agissait d'abord de tester l'aptitude à l'emploi et l'efficacité pour un concepteur d'un outil recommandé par le groupe et ensuite de recueillir un certain nombre d'informations sur les effets néfastes des luminaires (phases concernées et composants mis en cause).

[4] Ces documents font état de l'avancée des réglementations en Europe, en Amérique et en Asie sur des sujets variés. En ce qui concerne les emballages par exemple, ils notifient les positions des différents pays en matière de "logistique inverse", des systèmes économiques (taxes ?) mis en place, des exigences de composition, de normes, de marquages, de systèmes d'information du client, ...

[5] A Lamotte-Beuvron, ce groupe "Ecodesign" est constitué du Responsable Environnement, du Responsable BE et d'un acheteur spécialisé "emballage".

La seconde étape consistera plus loin à réinterroger la démarche de conception pour désigner les points d'ancrage du paramètre environnement.

1.1. Mise à l'épreuve d'un outil d'évaluation environnementale

L'outil à tester était le logiciel hollandais **Ecoscan**, basé sur la méthode d'évaluation des Eco-indicateurs *"Eco-Indicator 95"* décrite dans le chapitre précédent (partie 2). Sa mise à l'épreuve fut effectuée sur deux produits luminaires encastrés Europa 2 (nouvelle version) et Europa 99 (version antérieure) dont l'étude - *outil, produits, protocole expérimental et principaux résultats* - est décrite dans les paragraphes ci-après. Les propos qui suivront la description de l'étude concernent essentiellement notre point de vue sur l'outil et la méthode, lequel prend en compte l'accueil des différents services réservé aux travaux sur les encastrés. Nous évoquerons notamment les principaux avantages et limites d'Ecoscan.
L'annexe 5 de ce mémoire présente plusieurs copies d'écran du logiciel et un tableau présentant les principales remarques que nous formulons après expérimentation de l'outil.

1.1.1. Outil utilisé et produits étudiés

L'outil utilisé est le logiciel ECOSCAN 2.0[6], développé par l'entreprise hollandaise Turtle Bay et actuellement commercialisé par le TNO[7] - Institute of Industrial Technology (Delft, Pays-Bas), dont un service est chargé de l'assistance en ligne des utilisateurs.
S'appuyant sur la méthode des éco-indicateurs, la version 2.0 employée contient plusieurs bases de données : Eco-indicator '95 et Eco-indicator '97, plus complète que la précédente.

Les produits étudiés quant à eux sont deux luminaires encastrés : Europa 99 et Europa 2 (ou CFL[8]), généralement utilisés dans les faux-plafonds des entreprises, des grandes surfaces, des hôtels, cafés, restaurants, ...
Le luminaire Europa 2 présenté dans la figure 2 est considéré comme la nouvelle version d'encastré après la famille d'Europa 99.

[6] Nous avons utilisé la précédente version du logiciel. Il existe depuis peu une version 2.1.
[7] La page internet du TNO consacrée au logiciel Ecoscan est à l'adresse suivante : ***http://www.ind.tno.nl/en/productdevelopment/ecoscan.***
[8] CFL : Compact Fluorescent Lamp.

Figure 2 : Luminaire encastré Europa 2, étudié avec le logiciel Ecoscan.

1.1.2. Protocole de l'étude

L'étude environnementale des deux luminaires encastrés a été réalisée dans les conditions suivantes :

– **L'unité fonctionnelle**, qui traduit le service rendu par les encastrés, a été choisie pour les deux produits comme l'éclairage pendant 10 heures par jour, 200 jours par an, sur une période de 7 ans (temps moyen au bout duquel les encastrés sont remplacés).

– **Le choix des frontières du système** étudié de manière à limiter le champ de l'étude et rendre la tâche "plus simple" fut de distinguer les étapes incluses des étapes exclues des calculs.

Dans notre cas, les étapes incluses dans le système sont les suivantes :

↳ Fabrication

- La fabrication des matériaux constitutifs des différents composants des encastrés (extraction des matières premières prise en compte), y compris l'emballage.
- Les procédés de mise en forme des matériaux dans les composants.
- L'assemblage des composants chez Philips Eclairage : Ont été calculées les consommations d'énergie relatives aux visseuses utilisées dans les chaînes de montage (les seuls outils électriques utilisés au montage).
- Le transport de chacun des composants (y compris l'emballage) depuis le fournisseur jusque chez Philips.

Distribution

- Le transport des encastrés terminés jusque chez le client final ; trois destinations différentes ont été choisies : la France (Lyon), l'Italie (Rome) et l'Autriche (Vienne).

Remarque : La distribution s'effectue pour chaque pays à des points centraux d'où les commandes partiront chez chacun des clients.

Utilisation

- La consommation d'énergie des encastrés pour l'unité fonctionnelle choisie - *éclairage 10 heures par jour, 200 jours par an, pendant 7 ans* - , dans les trois pays considérés.

Fin de vie

- Le traitement de chacun des composants (y compris l'emballage) des encastrés après démontage.

Les étapes exclues du système sont les suivantes :

- Le cycle de vie des lampes utilisées PLC 18W (fabriquées par d'autres unités de Philips Eclairage),
- Le cycle de vie des machines et outils utilisés,
- Le cycle de vie des emballages des composants (négligeables),
- Le cycle de vie des infrastructures (routes, usines, ...) et des moyens de transport employés,
- Le traitement des chutes de fabrication pour chacun des constituants (aucune donnée),
- Le démontage des encastrés en fin de vie (aucune donnée en particulier sur la consommation d'énergie engendrée ; difficile à chiffrer),
- Les transports des encastrés sur leur lieu de démontage et de chacun des composants sur leur lieu de traitement (aucune donnée).
- L'existence d'éventuels co-produits.

Les raisons de l'exclusion de certaines étapes sont multiples. Elles peuvent être ***internes*** : on souhaite se focaliser sur le cycle de vie de l'encastré sans tenir compte des étapes du cycle de vie des machines et infrastructures ou des constituants dits "marginaux" en terme de flux ..., ***temporaires*** : on manque de données des fournisseurs de tel ou tel constituant ou ***contextuelles*** : les impacts associés à telle ou telle étape se sont révélés négligeables.

Concernant les hypothèses sur les traitements en fin de vie des différents composants, en imaginant que les encastrés usagés soient récupérés, il a été décidé que les matériaux des composants pourraient être valorisés après démontage des encastrés.
D'une manière générale, nous avons considéré que :

- l'encastré peut être collecté en fin de vie et démonté,
- les matières métalliques ferreuses et non ferreuses peuvent être recyclées assez aisément, en boucle fermée (pour le même usage) ou ouverte (pour un usage différent),
- les matières plastiques peuvent être recyclées (à un niveau inférieur),
- le carton est recyclé,
- les composants plus complexes constitués de nombreux matériaux en petite quantités sont incinérés puisque leur démontage n'est ni très aisé, ni économiquement valable vu les faibles quantités de matériaux.

Nous avons en outre considéré les scénarios d'incinération complète de l'encastré et de mise en décharge.

Pour ce qui concerne les données et les calculs, la plupart des éco-indicateurs pris en compte sont issus de la base de données Eco-indicator '97. Les valeurs manquantes ont été fournies par une unité du groupe Philips spécialisée dans le calcul des éco-indicateurs.
Concernant les transports, les distances séparant le lieu d'assemblage du lieu de fabrication de chacun des composants ont été calculées et multipliées par les masses des composants pour obtenir des valeurs en tkm. Le mode de transport choisi est "un camion de 28 tonnes".
Pour la consommation énergétique, il a été tenu compte du pays dans lequel l'encastré serait utilisé (éco-indicateur correspondant à 1 MJ d'énergie consommé variant d'un pays à l'autre selon la politique énergétique nationale).

1.1.3. Principaux résultats d'étude

Les résultats présentés ici concernent principalement le "score environnemental" pour le cycle de vie complet de chacun des encastrés et pour chacune des phases (fabrication, distribution, utilisation, fin de vie).

1.1.3.1. Etude sur le luminaire encastré Europa 2

Pour l'Europa 2 (nouvelle version d'encastré), l'étude a permis d'établir un éco-indicateur global pour le cycle de vie complet de **144.29 millipoints (mPt)**.

La figure 3 ci-après, représentant l'impact relatif de chacune des phases du cycle de vie de l'encastré utilisé en France, permet de mettre en évidence la prédominance de l'impact de la phase d'utilisation (74%), par rapport aux autres : fabrication (20%), fin de vie (6%) et distribution (< 1%).

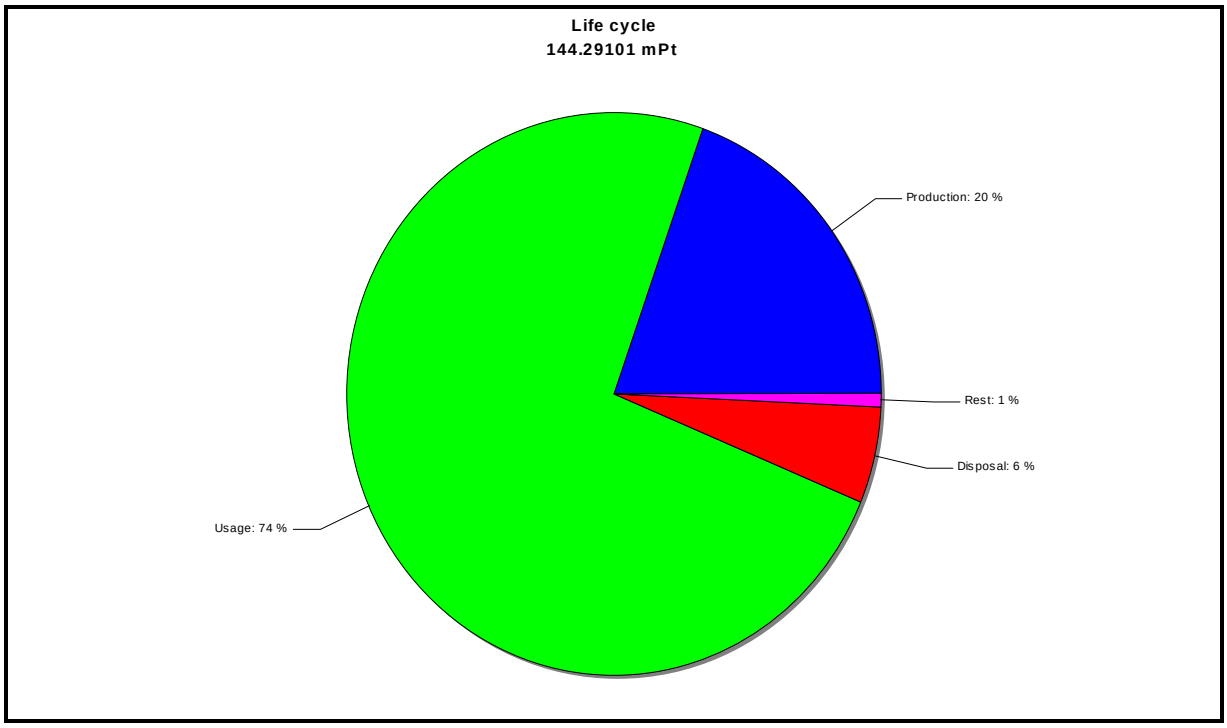


Figure 3 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de chacune des phases du cycle de vie de l'encastré Europa 2 (en France).

Les résultats suivants concernent chacune des phases et permettent d'identifier les composants et matériaux les plus impactants, c'est-à-dire ceux présentant l'éco-indicateur ou score environnemental le plus élevé.

1.1.3.1.1. Phase de fabrication

Pour cette phase présentant un éco-indicateur de 28.25 mPt, on peut constater aisément que le composant le plus impactant est le ballast (transformateur conventionnel) qui contribue à 78% à l'impact global de la fabrication.

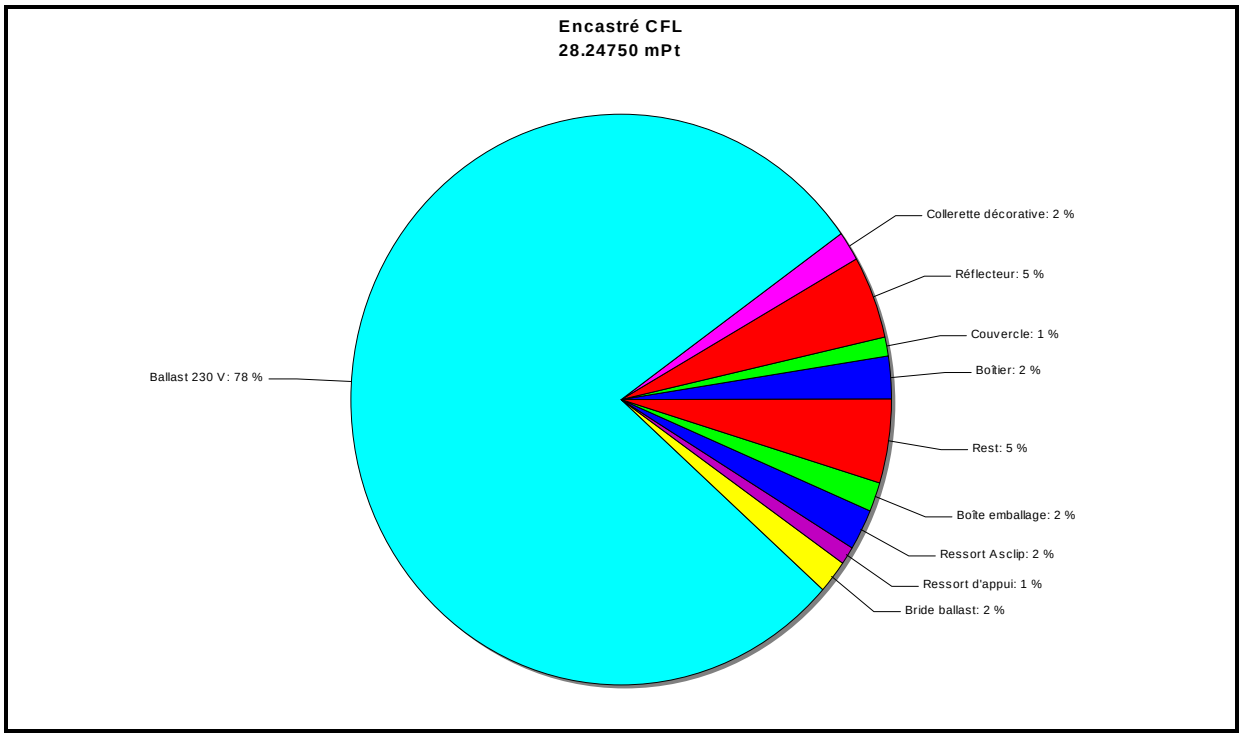


Figure 4 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de chacun des composants de l'Europa 2 en phase de fabrication.

Nous avons considéré que le ballast 230V de 360 g était constitué de 280 g d'acier, 80 g de cuivre et 6 g de résine polyester. Pour un score de 11 mPt, 63% de l'impact environnemental sont dus à l'utilisation de fils de cuivre (dans les bobinages du transformateur) et 34% à l'utilisation d'acier.

Remarque : Effectivement d'après la base de données utilisée, on attribue à la fabrication d'1 kg de fil de cuivre 0.5/0.3 mm l'éco-indicateur 87.2 mPt, alors que pour la fabrication d' 1 kg d'acier, l'éco-indicateur est de 13.6 mPt !

Pour ce qui concerne les transports de chacun des composants, la plupart ont un impact négligeable puisque les masses transportées, pour un seul encastré, sont très faibles (toutes inférieures à 400 g).

La figure 5 suivante représente les impacts relatifs des autres composants si l'on fait abstraction du ballast. On remarque que le second composant le plus impactant est le réflecteur constitué de plastique PC métallisé Al (c'est la métallisation qui pose des problèmes).

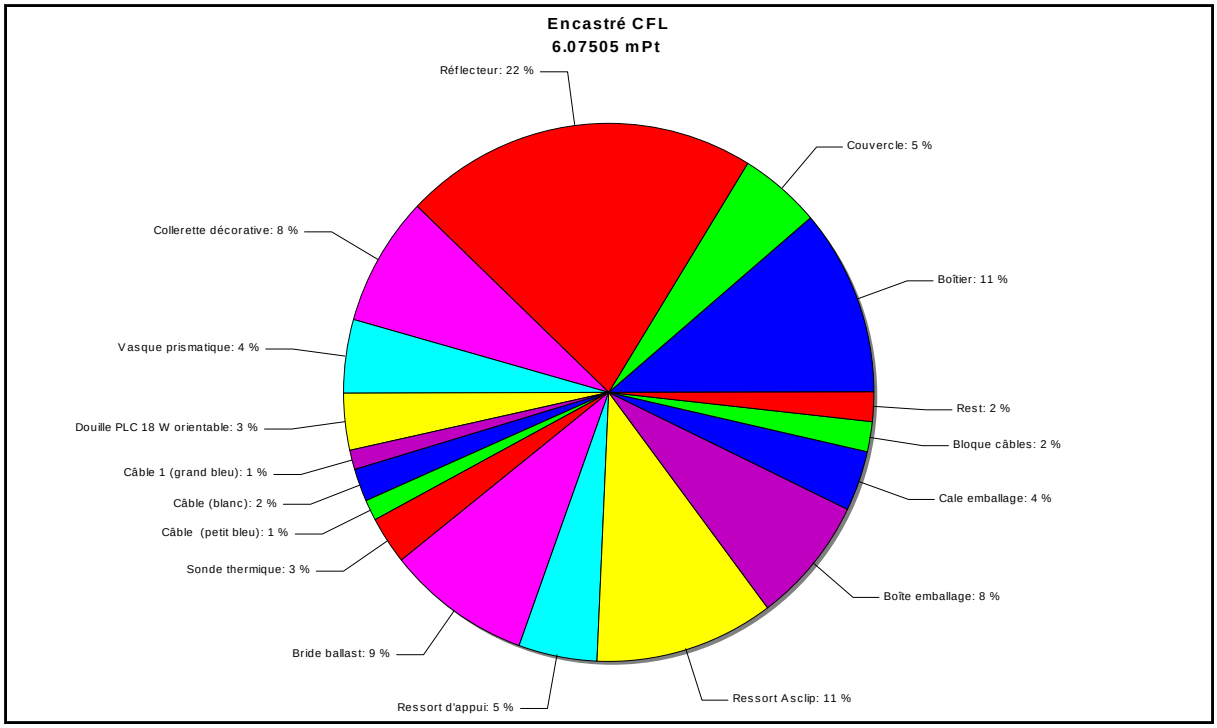


Figure 5 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de chacun des composants de l'Europa 2, <u>sans le ballast</u>, en phase de fabrication.

1.1.3.1.2. Phase de distribution

C'est la phase qui concerne le transport de l'encastré assemblé sur son lieu d'utilisation. Nous avons pour cela choisi trois destinations, comme précédemment décrit (Lyon, Rome et Vienne).

Pour les trois cas, l'impact du transport reste faible puisqu'il ne représente en moyenne qu'1% de l'impact global. A noter qu'il s'agit d'un transport par camion. L'utilisation d'un avion ou d'un bateau serait probablement plus nuisible à l'environnement.

1.1.3.1.3. Phase d'utilisation

Cette phase est caractérisée dans notre étude par la consommation énergétique de l'encastré. Pour un éclairage moyen de 10 heures par jour, 200 jours par an, durant 7 ans (unité fonctionnelle choisie), avec une puissance de 46 W, la consommation d'énergie est

de 644 kWh. C'est la phase du cycle de vie la plus impactante puisque sa contribution à l'impact global est d'au moins 75%. Dans le cas d'un encastré Europa 2 utilisé en Italie, cette proportion devient même 95%.
En fait cette proportion va dépendre de la politique énergétique du pays où l'encastré est installé. Dans notre cas, cette étude montre les "avantages" de l'énergie nucléaire française par rapport à l'énergie thermique italienne, et ce au sens purement écologique, c'est-à-dire en termes de rejets atmosphériques, gaz à effet de serre, ..., sans rentrer dans la polémique sur les déchets nucléaires. On remarque en effet d'après l'histogramme de la figure 6 que l'éco-indicateur global du cycle de vie d'un luminaire utilisé en Italie (#2) est pratiquement quatre fois supérieur à celui d'un luminaire utilisé en France. La différence se situe au niveau des impacts de la phase d'utilisation caractérisée par la consommation énergétique du luminaire.

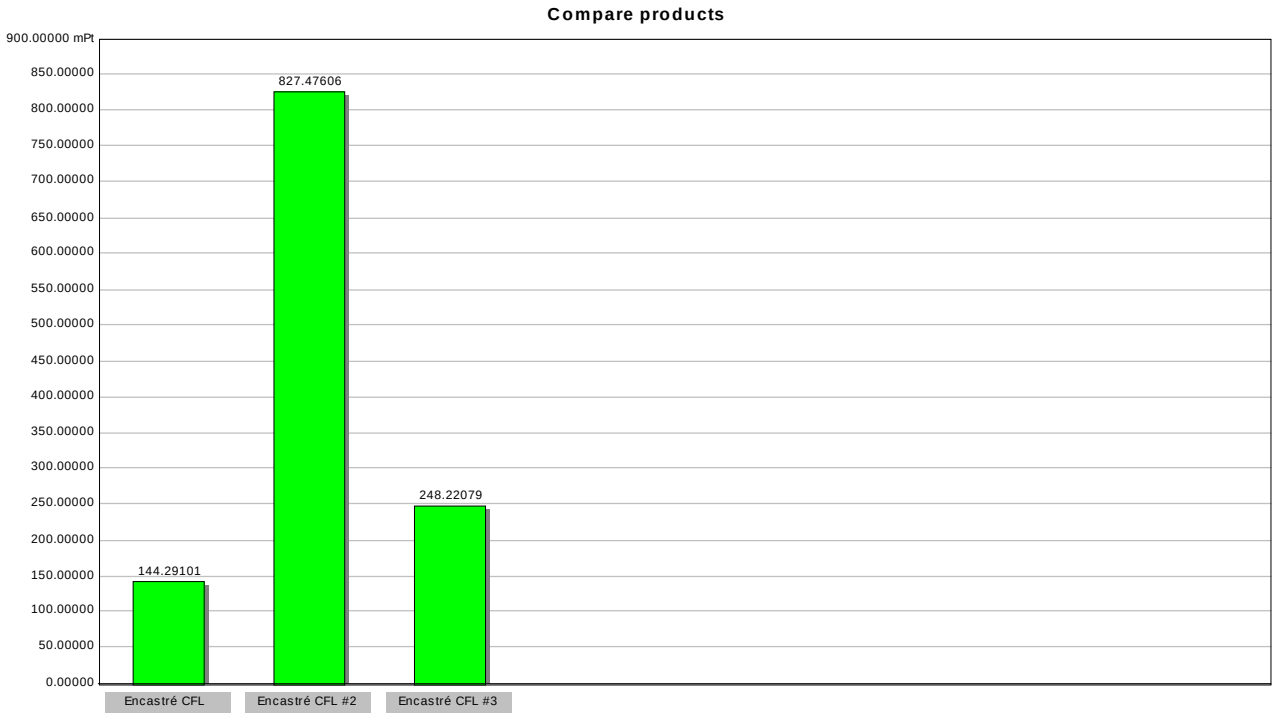


Figure 6 : Histogramme représentant l'impact global (exprimé en mPt) de chacun des trois cycles de vie de l'encastré Europa 2 (CFL : en France ; CFL #2 : en Italie ; CFL #3 : en Autriche).

1.1.3.1.4. Phase de fin de vie

La figure 7 ci-après met en évidence une fois de plus l'impact majoritaire à 74% relatif au traitement du ballast en fin de vie. On a supposé en première hypothèse que l'encastré était collecté, démonté et que dans la mesure du possible les pièces recyclables étaient recyclées (métaux, plastiques). Dans ce cas, pour des composants comme le ballast l'incinération a été choisie.

Cette forte contribution du ballast à l'impact global est due à la quantité d'énergie nécessaire pour incinérer les bobinages de cuivre et les tôles magnétiques enrobés dans une résine polyester.

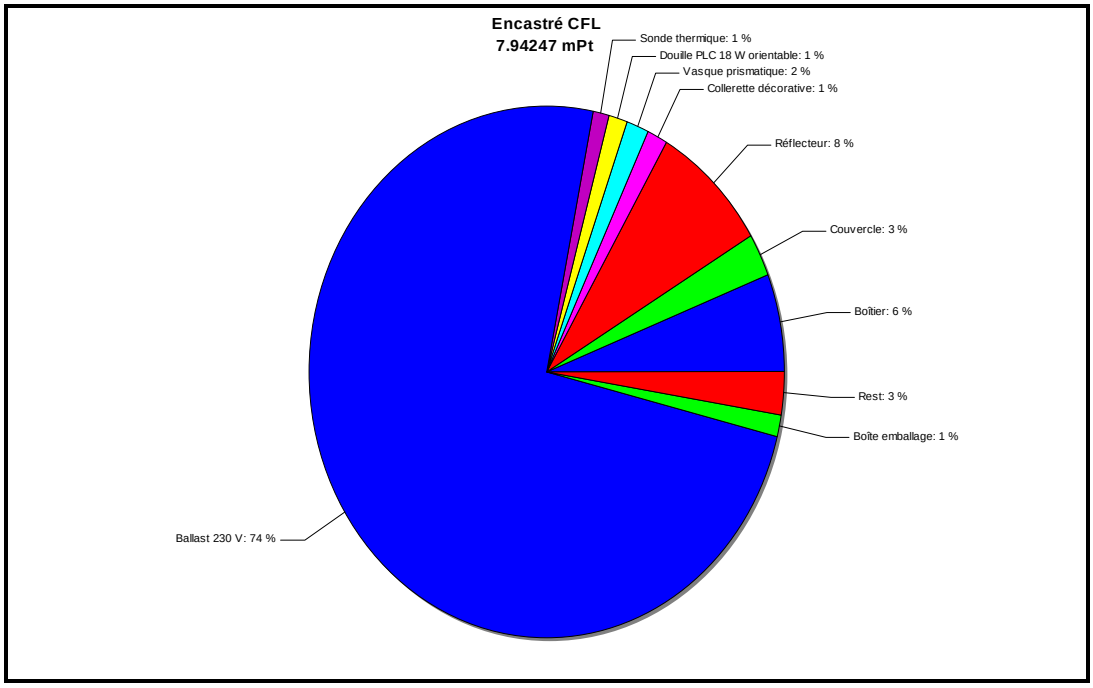


Figure 7 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) du traitement en fin de vie de chaque composant de l'Europa 2 (en France). Scénario avec recyclage + incinération.

Dans l'hypothèse où tous les composants seraient incinérés en fin de vie, on obtient le résultat de la figure 8 suivante :

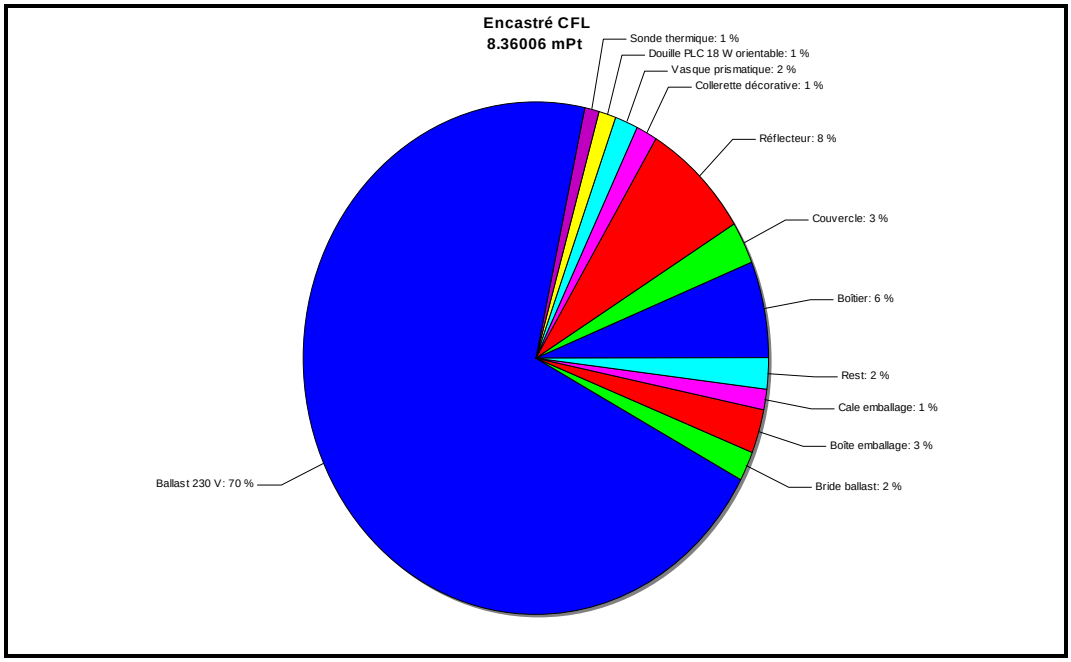


Figure 8 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) du traitement en fin de vie de chaque composant de l'Europa 2 (en France). Scénario incinération complète.

On constate que l'éco-indicateur de fin de vie reste proche de celui du scénario précédent. La différence d'impact entre le recyclage des métaux et plastiques et leur incinération n'est donc pas très appréciable avec le logiciel utilisé.
On ne peut mesurer ainsi l'intérêt de pouvoir recycler un composant métallique ou plastique et s'affranchir d'une certaine quantité de nuisances sur l'environnement lors de la fabrication de cette pièce à partir des matières premières.

Si on imagine enfin que le produit en fin de vie peut être mis en décharge, on obtient les résultats suivants :

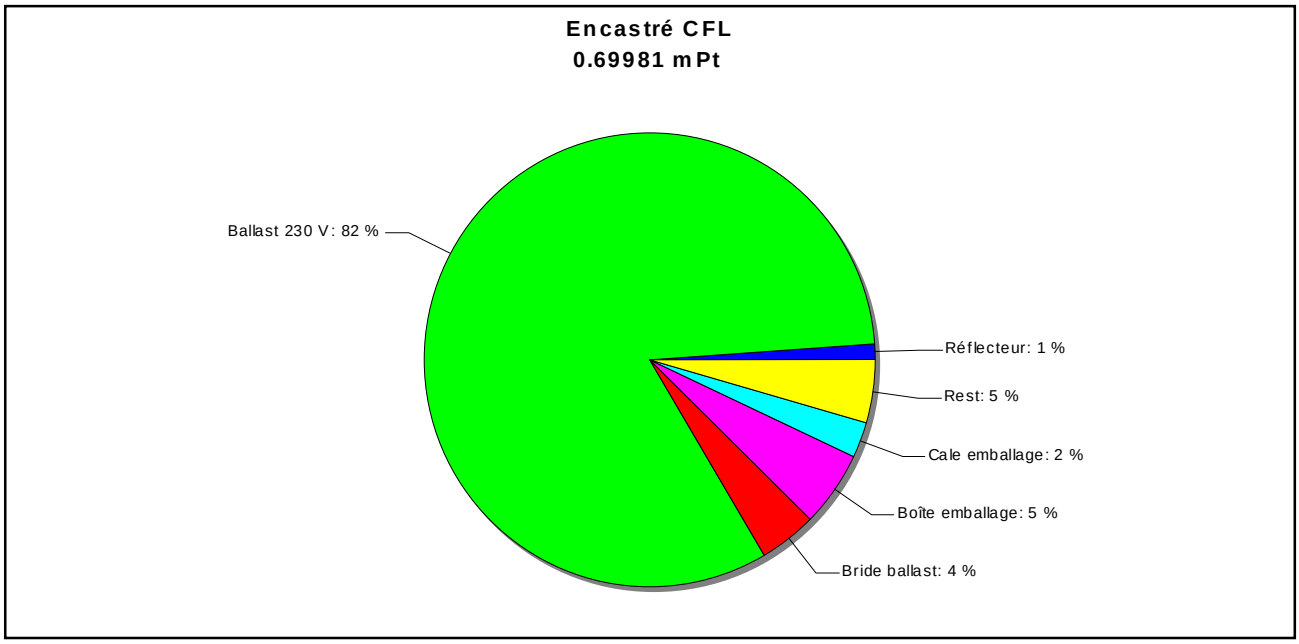


Figure 9 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) du traitement en fin de vie de chaque composant de l'Europa 2 (en France). Scénario de mise en décharge du luminaire.

On remarque immédiatement que ce scénario génère moins de pollutions (très faible éco-indicateur) puisque effectivement aucun traitement n'engendre en particulier de rejets atmosphériques et de consommation d'énergie. Le ballast, essentiellement métallique, engendre une fois de plus les impacts les plus significatifs relativement aux autres composants.
Il va sans dire qu'un tel scénario suppose de grandes quantités de déchets ; il devrait disparaître à l'horizon 2002 où d'après la réglementation (lois du 15.07.75 et du 13.07.92), les installations d'élimination des déchets par stockage ne seront autorisées à accueillir que des déchets ultimes.

1.1.3.2. Etude sur le luminaire encastré Europa 99

Pour ce qui concerne le luminaire encastré Europa 99, les résultats sont sensiblement les mêmes que sur l'Europa 2 puisque pour le cycle de vie complet l'éco-indicateur global est de **150.72 mPt**, soit légèrement supérieur à celui de l'Europa 2 (**144.29 mPt**).

Pour chacune des phases du cycle de vie de l'Europa 99, les observations sont les mêmes que pour l'Europa 2 :

- La phase d'utilisation a un impact relatif majeur : 71 %, par rapport aux autres phases : fabrication (24%), fin de vie (5%) et distribution (1%), pour un encastré utilisé en France.
- Le ballast est le composant le plus impactant en fabrication (62% de l'impact de la phase de fabrication), le boîtier en acier étant le second (27%).
- L'impact du transport de l'encastré lors de la distribution est minime : < 1%.
- Le traitement en fin de vie du ballast (incinération) est encore le plus nuisible et représente 82% de l'impact global de la phase de fin de vie (traitement très énergivore).

On ne peut constater en définitive qu'une faible amélioration du point de vue purement écologique entre la nouvelle version d'encastré Europa 2 et la précédente Europa 99.
Cette faible différence d'éco-indicateur pourrait s'expliquer par le fait qu'Europa 2 contient davantage de matières plastiques, moins nuisibles à l'environnement au niveau de leur fabrication (elles requièrent par exemple moins d'énergie lors de leur mise en oeuvre), mais il est plus lourd et contient des pièces supplémentaires. D'autre part, les deux versions utilisent les mêmes types de ballasts conventionnels, composants a priori les plus impactants ...
On notera toutefois que cette différence est vraiment peu significative (6 mPt) et que, dans ce cas précis, l'étude Ecoscan non discriminante, ne permet pas de constater un comportement incontestablement plus environnemental du luminaire Europa 2. En effet vu la subjectivité de ce genre d'analyse dont les résultats dépendent aussi grandement des hypothèses posées, du nombre et de la qualité des données utilisées, est-il raisonnable de penser que les 6 mPt d'écart (soit 4% de la valeur de l'éco-indicateur global) sont scientifiquement valables et suffisent à en conclure que l'Europa 2 est plus "écologique" ? Cela ne suffit pas à notre sens…

Nous portions plus haut des soupçons sur l'effet visiblement nuisible du ballast. Il s'est agi à ce propos d'imaginer un luminaire encastré Europa 2 sans ce ballast conventionnel, afin de confirmer ou d'infirmer ces soupçons.

1.1.3.3. Etude sur une version de luminaire encastré sans le ballast conventionnel

Une telle version sans le ballast *tôles magnétiques* + *bobinages de cuivre* existe ; il s'agit d'une version dite HF (Haute Fréquence) pour laquelle le ballast utilisé est électronique.

L'étude avec Ecoscan nous a donné les principaux résultats suivants :

- L'éco-indicateur global du cycle de vie complet de la version HF est de 84.84 mPt, alors qu'il était de 144.29 mPt pour l'Europa 2 standard, soit presque 42% en moins d'impacts.
- Les proportions relatives des impacts de chacune des phases sont sensiblement les mêmes puisque l'utilisation représente 85 % des impacts, la fabrication 10 %, la fin de vie 4 % et la distribution 1 %.

La différence entre les deux versions se situe en grande partie au niveau de la phase d'utilisation puisque les impacts de la fabrication et de la fin de vie restent presque inchangés. Pour ces dernières d'ailleurs, l'impact relatif au ballast électronique est toujours le plus grand par rapport à ceux des autres composants, sans être autant majoritaire (36 % en fabrication et 34% en fin de vie - *Hypothèse de calcul* : incinération du ballast).

Les figures 10 et 11 ci-après représentent les impacts des phases de fabrication et de fin de vie.

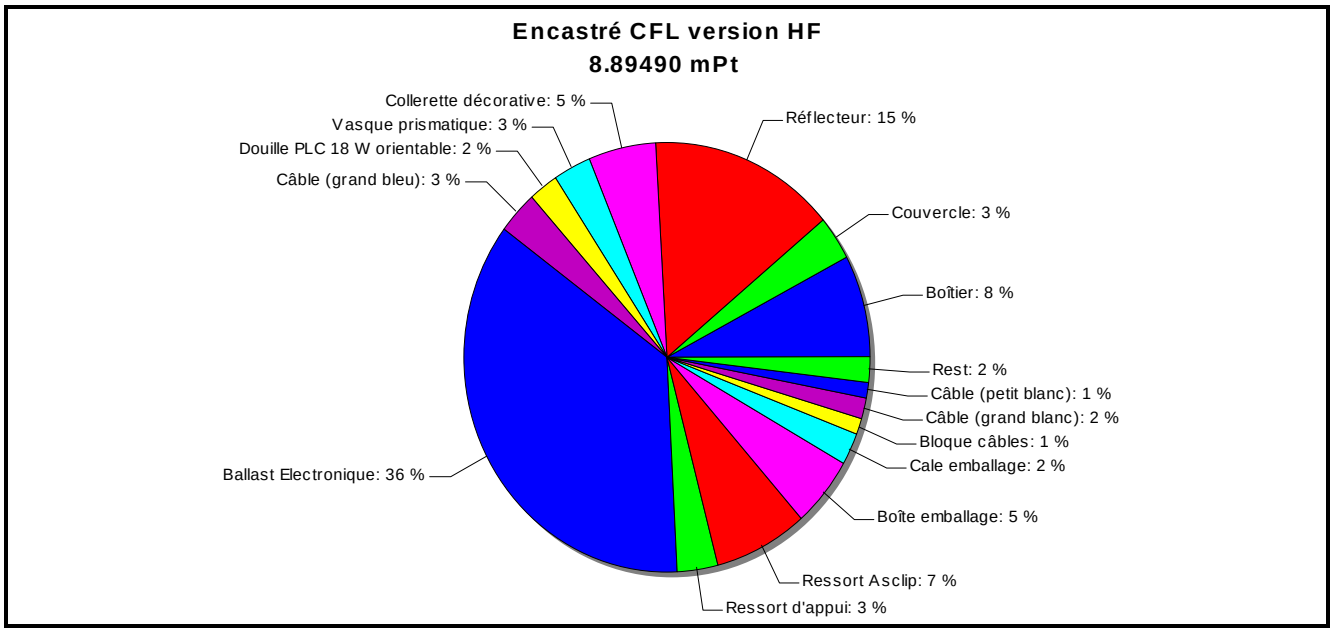


Figure 10 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) de la fabrication des différents composants de l'Europa 2 (ou CFL) version HF.

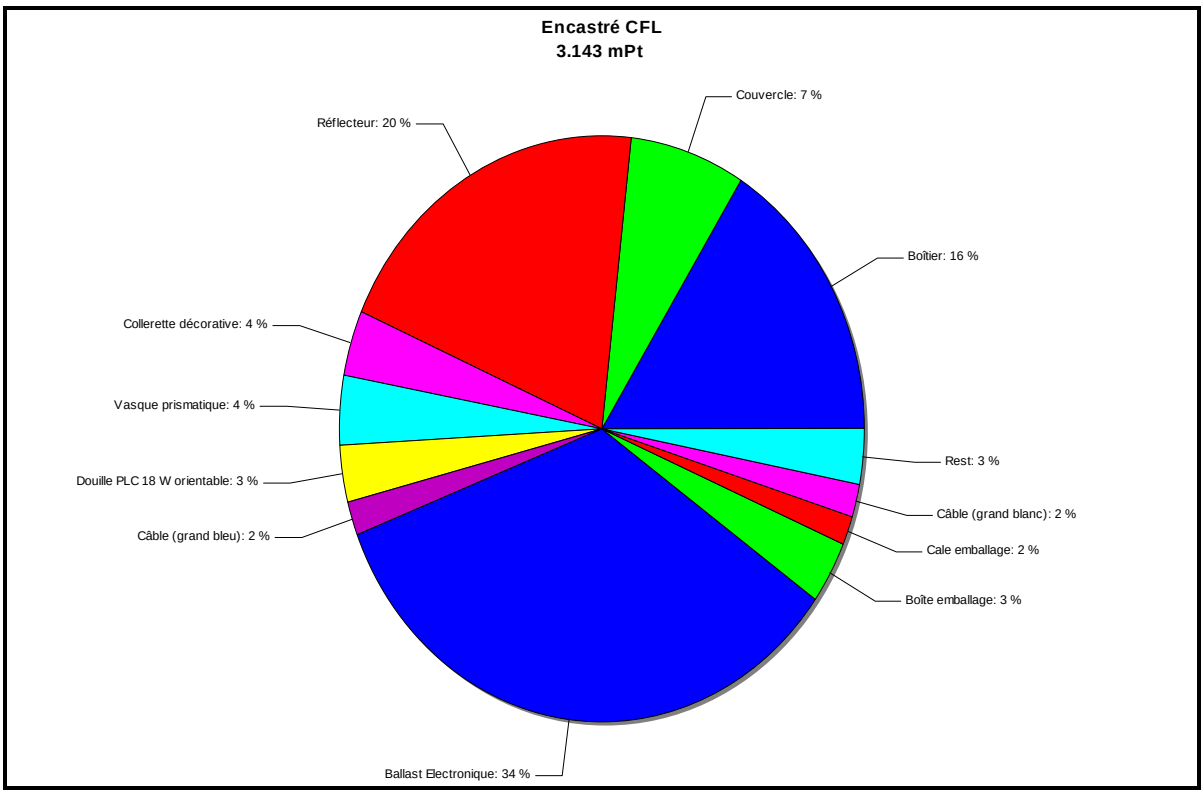


Figure 11 : Diagramme en portions représentant l'impact relatif (exprimé en %) des traitements de fin de vie de chacun des composants de l'Europa 2 version HF.

Cette nouvelle étude a permis de confirmer les effets négatifs du ballast conventionnel sur l'environnement.

A noter toutefois, que les lampes (non prises en compte dans l'étude) sont aussi responsables de l'impact de la phase d'utilisation. La version HF est moins impactante que la version standard : ce peut être dû non seulement au changement de ballast mais aussi à celui des lampes moins énergivores.

1.1.4. Critiques de l'outil Ecoscan : ses avantages

La mise à l'épreuve de ce logiciel souhaité simple et pragmatique par ses concepteurs a permis d'identifier un certain nombre de ses avantages. Il a ainsi été conçu pour être employé rapidement, efficacement, par des utilisateurs peu familiarisés avec les méthodes d'ACV. D'après notre expérimentation il présente notamment les intérêts suivants :

- **Une grande facilité d'emploi**

  Il est très aisé d'insérer, à partir de la base de données, les éco-indicateurs relatifs à un matériau ou procédé intégré dans la feuille de calcul.
  Il suffit de bien connaître le produit à évaluer : ses composants, les matériaux constitutifs, les procédés de mise en forme, la consommation d'énergie en phase d'utilisation, …

- **Des bases de données faciles à créer et manipuler**

  Les bases de données du logiciel (NOH-95, Eco-indicator '95, Eco-indicator '97 …) sont en effet encore incomplètes. Il est très aisé d'en créer une nouvelle pour y insérer les informations collectées par ailleurs, en particulier auprès du centre de Philips chargé d'alimenter les bases de données en valeurs d'éco-indicateurs (CFT Philips).

- **Une lecture et une interprétation des résultats aisées**

  Il est possible d'afficher les résultats sous forme d'histogrammes ou de diagrammes en portion, avec les masses, les éco-indicateurs ou les coûts[9] (avec proportions en kg, mPt, ou % relatifs).

[9] Affichage des coûts : Coût des composants, des procédés de mise en forme, des traitements en fin de vie, des transports, …

Des histogrammes de comparaison entre plusieurs produits vont permettre aisément d'identifier les points faibles de tel ou tel produit. Il sera alors possible de comparer les impacts après un changement de matériau, de processus de fabrication, de mode de valorisation du produit lui-même ou de certains de ses composants, …

Une étude économique du cycle de vie envisageable

La possibilité d'afficher, dans la mesure où les données sont accessibles, tous les coûts de manière à pouvoir réaliser outre une étude purement environnementale (relative aux éco-indicateurs), une étude des coûts sur le cycle de vie.

Ecoscan a été développé dans l'objectif d'être utilisé par les concepteurs pour évaluer les performances environnementales de leurs produits. Il s'avère, comme le soulignait le Responsable Recherche & Développement à l'issue de la présentation de l'étude, qu'il peut également servir au service marketing pour communiquer sur des avantages environnementaux éventuels des produits (en comparaison par exemple avec une version précédente "classique"), et ce de par le mode de représentation des résultats (histogrammes ou diagrammes en portion).

Cependant, malgré un certain nombre de qualités rendant ainsi le logiciel très convivial et facile d'accès, il n'en demeure pas moins plusieurs inconvénients majeurs, qui remettent en cause son utilisation systématique.

1.1.5. Critiques de l'outil Ecoscan : ses limites

D'après les études que nous avons réalisées et l'observation approfondie de la méthode des éco-indicateurs, force est de constater les limites suivantes :

Une méthode de calcul des éco-indicateurs scientifiquement contestable

La méthode "Eco-Indicator 95", présentée dans la partie précédente, est basée sur un système de pondération et d'agrégation subjectif et les calculs des éco-indicateurs sont difficiles à vérifier : quelles sont les hypothèses qui président aux calculs ? ; Quels sont les modes de calcul ? Quelles sont les données prises en compte ? Sont-elles uniquement hollandaises ? Quels sont les coefficients de pondération choisis ?
On désigne parfois ce genre d'outils, d'outils "***boîte noire***", car il compile des éco-indicateurs exprimés en millipoints (mPt) à partir desquels il est impossible de déterminer les quantités de flux à l'origine de ces valeurs.

Un éco-indicateur purement écologique

Les calculs sont uniquement basés sur des notions de consommation d'énergie et de matière, de rejets, de déchets, … . Ne sont pas prises en compte les notions de démontabilité du produit, de compatibilité des matériaux, ... Ces dernières sont pourtant plus évocatrices pour une équipe projet que des valeurs incompréhensibles d'éco-indicateurs exprimées en unité "mPt" (millipoints). Que répondre à la question d'un concepteur : « *combien faut-il de millipoints pour considérer que mon produit est bon pour l'environnement ?* » Certes les résultats n'ont aucune signification dans l'absolu puisque dans ce genre d'étude nous avons vu qu'il fallait une référence mais comment signifier à un concepteur que son produit engendre des problèmes environnementaux mesurés de "x" mPt et lui souligner l'ampleur de ces effets ?
Dans le cas des résultats en termes d'impacts écologiques, les axes d'amélioration par rapport à l'identification des points faibles sont aussi plus difficiles à proposer car un tel bilan n'a pas de traduction immédiate en termes d'action corrective. Il manque la description riche du produit permettant de faire arriver le point de vue économique et industriel des acteurs qui vont avoir à gérer à terme le dit produit en fin de vie.

Une notion de service rendu par le produit difficile à mettre en avant

Les notions de rendement d'éclairement, fondamentales dans le cas des luminaires, sont difficiles à mettre en évidence : on ne peut entrer dans le logiciel que la consommation énergétique du produit ; cependant deux luminaires peuvent consommer la même énergie en ayant des rendements d'éclairement différents (*pour deux luminaires Philips ayant des rendements respectifs de 60 et 30 % par exemple, il faudra pour un éclairage de bâtiment identique, deux fois plus d'encastrés de rendement 30 % que d'encastrés de rendement 60 %*).
La notion du service rendu par le produit n'intervient donc pas. Cela nécessite alors de recalculer la consommation énergétique des luminaires en considérant un rendement d'éclairement identique.

Des données bien incomplètes et en particulier sur la fin de vie

Certaines données relatives à des traitements de surface ou des composants électroniques sont absentes des bases actuelles, ce qui peut poser des problèmes d'étude comme lors de notre analyse avec le ballast électronique ou le calcul de l'éco-indicateur d'un réflecteur en plastique métallisé. On comprend alors aisément que certaines unités, concevant des produits à forte proportion de composants électroniques contenant des substances chimiques, déplorent la pauvreté des données (unité de Suresnes).

Tous les éco-indicateurs des différents modes de traitement en fin de vie (recyclage -**6** valeurs-, incinération -**9** valeurs-, mise en décharge -**8** valeurs-, ...), pour chacun des matériaux ne figurent pas dans les bases de données, *en particulier le recyclage des métaux non ferreux ..., ce qui est fortement regrettable dans le cas des produits électriques et électroniques composés de grandes quantités de cuivre ou d'aluminium.*

- **Un mode *recyclage en fin de vie* peu mis en valeur en matière de bénéfices environnementaux**

Le fait que le recyclage permette une réutilisation du matériau dans un autre produit et évite ainsi des consommations de matière vierge et d'énergie supplémentaires n'est pas considéré. Les éco-indicateurs sont ainsi essentiellement calculés en prenant en compte la consommation énergétique, les rejets, dans l'air, dans l'eau et la production de déchets, engendrés par l'incinération ou le processus même de recyclage d'un kg de plastique ou de métal.

- **Les substances dangereuses absentes des calculs**

Il s'avère en effet que le programme Eco-Vision du groupe Philips met, entre autres, l'accent sur les substances toxiques alors qu'il n'est pas fait état d'un grand nombre d'entre elles dans le logiciel (amiante, mercure, PCB, CFC, ...). C'est regrettable, aux dires du Responsable Qualité Développement de l'unité de Suresnes, car la réglementation actuelle est axée sur ces substances.

Comme nous l'évoquions plus haut en conclusion de l'étude, la comparaison des impacts des deux luminaires encastrés fut peu concluante. Une telle analyse a permis de soulever un certain nombre d'interrogations sur l'outil :

Est-il peu probant dans l'absolu ou seulement mal adapté à des produits comme les petits luminaires ?

Peu d'autres unités de Philips France n'ont vraiment encore utilisé Ecoscan à part l'unité du Mans sur des téléphones portables (*Philips Consumer Communications*) et récemment celle de Suresnes, sur des décodeurs (*Philips Sound & Vision*) et celle de Pont à Mousson, sur des lampes (*Philips Lighting*). Lors de la présentation de nos résultats au cours d'une réunion des Responsables Environnement des différentes unités, le débat ne put avoir lieu puisqu'ils n'avaient pas réfléchi sur l'outil et la méthode des éco-indicateurs. Ce qui leur paraissait avant tout intéressant était de pouvoir visualiser les impacts

environnementaux des produits et montrer des différences selon les types étudiés et les scénarios retenus[10]. Depuis, les expériences d'autres unités aidant, il s'avère que :

- Ecoscan ne fournit pas de résultats très significatifs pour des produits de faibles masses ; cela expliquerait en partie des différences d'impacts peu significatives dans nos analyses comparatives. Ce constat est en effet semblable à celui du Responsable Qualité Développement de l'unité de Suresnes.

- Ecoscan n'est pas adapté pour l'étude des produits électroniques : la base de données n'est pas suffisamment complète.

- Son utilisation systématique dans les unités n'est pas d'actualité. Au Mans, en effet, il n'est utilisé que ponctuellement sur certains projets ; il permet de valider un produit ou identifier des points faibles sur lesquels il faudra orienter les actions lors d'un futur développement. A Suresnes, il devrait être utilisé uniquement pour le premier produit d'une gamme.

L'agrégation des résultats pour obtenir une note unique est-elle finalement utile pour un concepteur ?

Nous avons évoqué dans la partie sur les outils que le système de méthode permettant d'agréger les résultats d'évaluation est contestable et souvent controversé. Une note écologique exprimée en mPt peut certes servir à un marketeur dans un argumentaire comparatif mais qu'en est-il du concepteur ? Ce résultat n'entre pas dans sa logique d'action car il ne lui donne pas les moyens d'agir. Nous avons de plus constaté le faible écart d'éco-indicateurs des deux luminaires alors qu'ils sont conçus de manière différente en termes de composants, matériaux, système de connexion … Cette faible distinction ne peut satisfaire un concepteur.

Nous avons donc décidé, en accord avec les Responsables Environnement et BE, d'étudier ces produits sur la base des critères "plus concrets" du programme Eco-Vision et de les comparer à des produits concurrents : une étude de Benchmarking[11] sur les deux luminaires Philips confrontés à deux luminaires concurrents (concurrents A et B).

[10] Lors de la présentation de nos résultats, une autre étude sur des téléphones mobiles fut également présentée. Il s'est avéré que les téléphones impactent davantage en cours de fabrication et les luminaires, en cours d'utilisation.

[11] Etude de benchmarking : Comparaison des produits Philips avec des produits de la concurrence.

1.2. Etude de Benchmarking environnemental

Sur notre initiative et pour rentrer dans la démarche du groupe, il a été décidé d'étudier des produits sur les cinq critères environnementaux essentiels définis dans le programme EcoVision précédemment présenté :

1. Masse
2. Substances toxiques (dangereuses)
3. Consommation d'énergie
4. Recyclabilité / Fin de vie
5. Emballage

Ce sont en effet des critères qui pour la plupart sont plus proches des préoccupations de l'équipe projet, en particulier ceux relatifs à la masse, à la consommation d'énergie et à l'emballage. Il n'en va néanmoins pas de même pour les critères "fin de vie" et "substances toxiques" difficiles à manipuler ; si l'on peut comprendre que l'un des objectifs de l'équipe projet pourra consister à réduire la consommation énergétique d'un produit, comment appréhender l'objectif "optimiser la fin de vie" ou "améliorer la recyclabilité" d'un produit sans le décliner en plusieurs sous-critères plus explicites pour l'équipe. C'est précisément ce que nous allons développer dans le paragraphe suivant.

On peut ici parler de ***Benchmarking environnemental*** : on étudie les caractéristiques environnementales précises des produits concurrents.

1.2.1. La méthode et les produits étudiés

La première étape d'une telle étude est le désassemblage des produits. Il s'est donc agi tout d'abord de réunir les outils nécessaires au démontage des luminaires ; pour les produits concernés, cela consistait pour l'essentiel en :

- Un tournevis plat
- Deux tournevis cruciformes
- Un tournevis pour vis CHC (*Conique Hexagonale Creuse*)
- Une "sucette" (tige métallique pour retirer les câbles des borniers)
- Une pince coupante

L'objectif du désassemblage est de désolidariser les composants pour les peser, identifier et caractériser les liaisons et l'architecture même du produit (agencement des

composants). Ce genre de "dissection" est utilisé de manière courante lors des études de benchmarking classique menées par les concepteurs sur des produits concurrents.

Les luminaires furent donc désassemblés et étudiés en détail. L'opération, réalisée au sein du bureau d'étude en collaboration avec un concepteur, se déroula sur une demi-journée (approximativement quatre heures).
Il est à préciser ici que ce premier travail d'approche environnementale de la conception est incomplet et rapide. Comme toute nouvelle approche, il n'a pas bénéficié de toute la rigueur qui caractérise une méthode bien établie et structurée.

Comme nous le signalions plus haut, nous avons dû, pour faciliter la compréhension des résultats de l'étude pour un concepteur, choisir des sous-critères très concrets à chacun des critères Eco-Vision. Ces sous-critères permettent en particulier de rendre plus compréhensibles le critère "fin de vie".

Le tableau de l'ensemble des critères et sous-critères pris en compte est présenté ci-après :

CRITERES	SOUS-CRITERES
Masse	▪ Masse des métaux ferreux ▪ Masse des métaux non ferreux (Al, Cu, …) ▪ Masse des matières plastiques ▪ Masse des composants complexes (constitués de plusieurs matériaux mélangés)
Substances dangereuses	**?**
Consommation d'énergie	▪ Rendement d'éclairement
Recyclabilité / Fin de vie	▪ Note attribuée au démontage ▪ Nombre de types de composants ▪ Nombre de matériaux ▪ Nombre et type de fixations entre composants ▪ Marquage des pièces (en particulier plastiques)
Emballage	▪ Masse ▪ Volume ▪ Nombre de composants ▪ Nombre de matériaux

Tableau 1 : Liste des critères et sous-critères pris en compte dans l'étude de Benchmarking environnemental.

Concernant la fin de vie, nous avons choisi d'établir, à la lumière d'expérimentations et de travaux référencés dans la littérature, un système de notation subjective pour évaluer la facilité de désassemblage des produits ; cette plus ou moins grande facilité peut en effet rendre un produit en fin de vie aisément recyclable, techniquement et économiquement parlant.
Ce système de notation n'est pas basé sur l'existence ou non de technologies de démontage ou des temps limites d'opération, comme c'est le cas dans certaines méthodes développées dans le domaine de l'automobile (*Travaux du Georgia Institute of Technology, USA*). Il prend en compte le nombre d'outils à utiliser, les types de connexions rencontrés, …

5 **Démontage *très facile***
Fixation avec clips ; très peu ou pas de vis. Si présence de vis, une seule empreinte.

4 **Démontage *facile*** *(et rapide)*
Davantage de fixations avec vis ; une ou deux empreintes possibles.

3 **Démontage *médiocre***
Clips de plusieurs types ; vis de plusieurs empreintes - au moins deux ou plus - (outils standards).

2 **Démontage *difficile***
Beaucoup d'outils différents nécessaires : pinces, tournevis cruciformes et non cruciformes, clés, … (outils standards ou pas).

1 **Démontage *impossible sans démanteler***, entre pièce réutilisables.
Rivets, soudures, colle, … ; nécessité de démanteler (désassemblage destructif) pour désolidariser deux pièces de matériaux incompatibles au recyclage et réutilisables indépendamment.

A noter que cette note attribuée au démontage s'avère sans intérêt si le luminaire est broyé en fin de vie. Nous nous sommes cependant placés dans l'hypothèse où le produit était collecté (pas nécessairement par Philips mais par un recycleur professionnel). L'optimisation de la valorisation des luminaires sera donc conditionnée par la nature de leur collecte. L'hypothèse d'un circuit spécifique avec un éventuel retour chez le fabricant est bien peu probable vu la nature des produits et leur lieu d'utilisation. Il est en revanche plus vraisemblable qu'ils soient acheminés à terme vers un centre de tri.
En ce qui concerne la rentabilité du recyclage de petits composants ou de matériaux de faible poids, nous avons effectivement considéré un scénario désassemblage & recyclage bien que les produits soient pour la plupart peu volumineux et légers et que des scénarios broyage & incinération ou broyage & recyclage soient plus appropriés pour certains car plus rentables (problèmes du coût de démontage, de la quantité des gisements et de la rentabilité des filières en particulier). Nous avons donc formulé en seconde hypothèse que les produits étaient désassemblés et triés après collecte.

L'objectif qui motive cette hypothèse est la sensibilisation des équipes à la conception pour le désassemblage, aux notions d'accessibilité des composants, de limite du nombre de connexions, .. ce qui peut faciliter non seulement les traitements en fin de vie mais également des opérations de maintenance ou de réparation au cours de la vie des produits.

1.2.2. Des résultats plus parlants pour une équipe projet

L'étude de Benchmarking environnemental sur les quatre luminaires a donné les résultats présentés dans le tableau 2 suivant.
Cette représentation différente de celle de l'étude Ecoscan est sans conteste plus riche pour une équipe projet et en particulier un concepteur.

	Critères	Encastré EUROPA 2 PHILIPS		Encastré EUROPA 99 PHILIPS		Concurrent A		Concurrent B	
1	**Masse (g)**								
	Masse totale	1417		**1349**		2561		1998	
	Matériaux Ferreux (acier)	53	***3,70%***	328	**24,30%**	179	***7%***	37	***1,90%***
	Matériaux non Ferreux (aluminium, cuivre)	/	**/**	/	**/**	446	***17%***	522	**26,40%**
	Matières Plastiques	613	**43,30%**	275	***20,40%***	946	***37%***	404	***20,20%***
	Autres (ballast, ...)	751	***53%***	746	***55,30%***	990	***39%***	1035	***51,80%***
2	**Substances Toxiques**	**Non renseigné**		**Non renseigné**		**Non renseigné**		**Non renseigné**	
3	**Consommation énergétique**	644 kWh (Eclairage 10 h/j, 200 j/an, 7 ans)		644 kWh		644 kWh		644 kWh	
	Rendement d'éclairement	**55%**		**55%**		30%		36,40%	
4	**Recyclabilité**								
	Démontage (note)	**5**		3		3		1	
	Nombre de types de composants différents	15		14		17		**12**	
	Nombre de matériaux différents	13		**9**		11		10	
	Nombre de vis (de types différents)	**5**	**1 type**	14	3 types	29	3 types	6	1 type 4 rivets
	Marquage des plastiques	**Courant**		**Courant**		Inexistant		Inexistant	
5	**Emballage**								
	Masse (g)	340		**199**		329		522	
	Volume (l)	18,7		**8,7**		18,7		22	
	Nombre de composants	**2**		**2**		3		3	
	Nombre de matériaux	**1**		2		2		**1**	

Tableau 2 : Etude de benchmarking par rapport aux 5 critères du programme ECO-VISION.

Dans ce tableau, les cases colorées correspondent au meilleur "score" en termes de conception environnementale.

Remarques :

- En l'état actuel des connaissances il est bien difficile de connaître avec précision les matériaux additifs des plastiques, et a fortiori pour les produits concurrents. Cette méconnaissance du contenu en substances éventuellement toxiques et interdites des composants des encastrés est une des majeures préoccupations actuelles de Philips Lamotte-Beuvron en termes d'environnement. Le site ne dispose en effet pour l'instant d'aucune base de données composants / matériaux[12] permettant de choisir en connaissance de cause des pièces ne contenant aucune des substances visées par les directives internes de la division éclairage. Nous ne pouvons donc pour l'instant certifier que les produits sont exempts de substances dangereuses tant que les informations complètes auprès des fournisseurs n'auront pas été réunies.
  En l'absence de garantie nous avons donc préféré ne pas renseigner ce critère (NR).

- Le marquage ***courant*** des plastiques signifie que les pièces de masse au moins supérieure à 25 g sont identifiées, d'après la norme NF ISO 11469 [AFNOR 94].

Le tableau suivant correspond à l'interprétation des résultats de cette étude. Nous avons attribué, pour chacun des critères à chacun des produits, les pictogrammes correspondant aux critères d'Eco-Vision, si le produit présente un meilleur "score environnemental" que ses concurrents. C'est en effet le mode de communication[13] du groupe Philips sur les avantages environnementaux de ses produits.

[12] Cette base de données composants / matériaux devrait être élaborée courant 2000.

[13] Nous soulignons que ce système de communication par pictogramme est foncièrement critiquable car enfin au vu de quelle référence (une version précédente ? un ou plusieurs produits concurrents ? ...) et suite à quel type d'étude (avec le logiciel Ecoscan ou un autre ? d'après une analyse de benchmarking ?) peut-on décider d'attribuer tel ou tel pictogramme ? Cette méthode ne devrait donc être envisageable qu'en interne à Philips en faisant l'hypothèse que les études environnementales ont pu être réalisées de la même manière (focalisées en particulier sur les 5 critères Eco-Vision). Une illustration de cette communication est la brochure "*From green to gold*" (1998) louant les caractéristiques environnementales de produits fabriqués par les différentes unités du groupe. Cette communication est en partie reprise dans le dernier rapport environnemental de 1998.

	Critères	Encastré EUROPA 2 PHILIPS	Encastré EUROPA 99 PHILIPS	Concurrent A	Concurrent B
1	**Masse**				
2	**Substances Toxiques**	NR	NR	NR	NR
3	**Consommation énergétique** (rendement d'éclairement)				
4	**Recyclabilité**				
5	**Emballage**				
	Résultat : *Nombre de pictogrammes*	2	3	/	/

Tableau 3 : Nombre de pictogrammes affectés à chacun des encastrés en fonction des cinq critères du programme Eco-Vision.

Au vu des résultats du tableau 3, l'encastré Europa 99 **pourrait** être considéré comme plus respectueux de l'environnement que les autres sur les critères retenus, alors qu'en termes de recyclabilité, il semble moins performant que l'encastré Europa 2. **Il ne s'agit pas pour autant de considérer que le nombre de pictogrammes attribués fait la valeur environnementale du produit**[14], puisque les cinq critères ne sont aucunement comparables.
Nous ne saurions donc en déduire ici que l'Europa 99 est assurément meilleur que l'Europa 2. Il faudrait pour cela hiérarchiser les critères, et ce en fonction des priorités accordées à chacun d'eux : ceci doit relever d'une stratégie d'entreprise.
Les produits concurrents de A et de B sont par contre manifestement plus "nuisibles" à l'environnement que les produits Philips : plus lourds, plus faibles rendements d'éclairement, emballages plus lourds et plus volumineux et enfin recyclabilité difficile (nombreuses fixations, marquage des plastiques presque inexistant, ...).

Le danger d'un tel constat pourrait être de considérer que les produits Philips sont déjà meilleurs que les concurrents donc *"pourquoi aller plus loin"* ? Cependant dans un objectif d'amélioration continue de la qualité tel que stipulé par la politique Philips (le Plan Best 1999, chez Philips Lamotte-Beuvron par exemple) il s'agit de toujours chercher à faire mieux pour satisfaire le client et se positionner devant les concurrents.

[14] Sauf bien entendu si on lui attribue les cinq pictogrammes : le produit est alors meilleur pour les cinq critères.

1.3. Conclusion et réflexions inspirées des deux études

Dans le cas des produits Philips on remarque que l'étude ACV ne permet pas réellement de distinguer leurs impacts. Celle de Benchmarking environnemental en revanche met en évidence un encastré Europa 2 avec une meilleure note de fin de vie et la version Europa 99 "meilleure" sur les critères masse et emballage.
Ces études ne sont pas focalisées en fait sur les mêmes critères puisque l'une, peu discriminante, prend en compte des critères "écologiques" et la seconde, des critères plus larges de conception environnementale. Les cinq critères Eco-Vision ne sont pas clairement mis en lumière dans l'étude avec Ecoscan. L'incohérence des deux méthodes est donc difficile à gérer pour une équipe projet et l'on peut s'interroger sur la responsabilité de l'arbitrage entre les deux. La Direction va-t-elle laisser le choix aux équipes de réaliser telle ou telle étude, ou de trancher entre les résultats ? Va-t-elle imposer l'une des deux méthodes ?

Nous évoquions plus haut, dans le chapitre consacré aux outils, le problème d'interprétation des résultats d'évaluation multicritère de deux produits, relatifs à l'agrégation des impacts (cas des ACV). Comment décréter qu'un produit est meilleur que l'autre pour l'environnement sans agréger les résultats ? On se retrouve effectivement dans cette situation pour l'étude de Benchmarking : le problème de hiérarchisation des cinq critères reste entier. On peut imaginer que si cette hiérarchisation relève de la seule stratégie d'entreprise, c'est le critère "consommation d'énergie" qui sera prioritaire chez Philips Lamotte-Beuvron.
Les choix à faire au regard des différents résultats des études vont dépendre des objectifs à atteindre mais aussi et surtout des contraintes de performance, technologiques et économiques.

Quelques sous-critères n'ont pas été pris en compte dans l'étude de Benchmarking environnemental. Il serait probablement fort utile de les prendre en compte.

- **Pour le critère "Recyclabilité / Fin de vie", nous pourrions considérer** :
  - Le nombre total de composants du produit
  - Le temps de démontage (pour un démontage complet ou temps mesuré par étape si plusieurs niveaux de démontage sont identifiés)
  - Le nombre d'outils nécessaires au démontage

– Le taux ou indice de recyclabilité :

$$100 \times \frac{\text{Masse de matériaux recyclables après désassemblage}}{\text{Masse totale du produit}}$$

Remarque : La définition du terme de recyclabilité suscite de nombreux débats et fait l'objet aujourd'hui de plusieurs travaux de recherche dans le domaine de l'automobile en particulier (chez PSA, Renault, Chrysler). Il importe en effet de savoir les hypothèses que l'on formule et les critères que l'on considère pour apprécier la recyclabilité d'un produit : temps et coût de désassemblage de tout ou partie du produit, existence et coût du processus de recyclage adéquat (filière), …
Ce débat se trouve au cœur de l'actualité puisque les deux directives européennes en préparation sur les automobiles d'une part et les produits électriques et électroniques d'autre part, stipulent des taux précis de valorisation à atteindre : **90%** en masse de réutilisation ou recyclage minimum au 1.1.2004 pour les produits d'éclairage[15] par exemple.

- **Pour le critère "Emballage", nous pourrions considérer** :

– Le système d'assemblage des composants (colle, agrafes, ...) :
Savoir en effet si les constituants de l'emballage sont collés, agrafés, scotchés, …, peut être très important à prendre en compte puisque de cela va dépendre la plupart du temps la possibilité de recycler ou non l'emballage. Une colle parfois toxique liant du carton à du plastique peut effectivement empêcher les matériaux d'intégrer une filière ad hoc de recyclage …

– Le ratio du volume de l'emballage par le volume du produit :
L'objectif de ce calcul est de diminuer le rapport des volumes, soit le volume des produits et la quantité de vide dans les emballages ; cela va se traduire par des produits et / ou des emballages plus résistants aux chocs.

Enfin ces deux études ont été réalisées en marge de tout projet mais avec le concours de tous les services (en particulier les achats) et les fournisseurs pouvant apporter les données nécessaires. Parmi ces derniers certains se sont montrés très coopératifs en acceptant de fournir les données dans la mesure où ils en disposaient. D'autres en revanche ont été plus difficiles à convaincre et les démarches parfois lentes pour en

[15] Dans le cas des luminaires étudiés, par exemple, va se poser le problème de la recyclabilité des ballasts constitués de tôles magnétiques, de bobinages de cuivre, le tout enrobé dans une résine …

définitive ne pas obtenir de données pertinentes, soit par manque de connaissances mêmes des fournisseurs, soit pour des raisons de confidentialité.

Après cinq mois d'analyse le Responsable Environnement nous invitait à présenter les résultats à la Direction puis à chacun des principaux services concernés par la conception d'un produit (Bureau d'étude, Achats, Marketing, Qualité), l'objectif étant d'une part de percevoir l'accueil réservé à la mise en place d'un nouvel outil et d'engendrer d'autre part une prise de conscience vis-à-vis de cette nouvelle approche environnementale des produits.
Pour ce qui concerne la sensibilisation des services, quatre réunions identiques de deux heures furent organisées pour une dizaine de personnes chacune, avec au programme :

- les résultats des études "Ecoscan" et "Benchmarking environnemental",
- une présentation des enjeux de l'éco-conception (notions de cycle de vie, réglementation, ...),
- quelques spécifications adaptées à chaque service.

Chacun devant effectivement se préoccuper des impacts d'un produit sur l'environnement et connaître sa part de responsabilité, il importait d'appréhender les diverses réactions afin d'élaborer à terme une démarche pour intégrer au mieux les préoccupations d'environnement dans le processus classique de conception.

1.4. Points de vue des services vis-à-vis de cette nouvelle approche de la conception

Lors des réunions de sensibilisation chaque membre de différents services a pu exprimer son avis quant à la pertinence des études réalisées et sa perception de la préoccupation environnementale dans son métier. Nous rapportons dans les paragraphes suivants les propos essentiels qui ont pu transparaître au cours de nos échanges dans les réunions, mais également lors d'entretiens aussi ouverts que possible avec des membres de chaque service.

1.4.1. Le Responsable Environnement : objectifs précis d'éco-conception mais imprécisions dans le choix des moyens

La société Philips est très hiérarchisée. Nous avons vu que le groupe a élaboré une politique environnementale concernant les produits et plusieurs programmes d'action à

respecter par tous les sites de production (1994 *: the Environmental Opportunity* ; 1998 : *Eco-Vision*). L'environnement faisant partie du positionnement de la marque Philips en tant qu'image de marque d'une entreprise "éco-citoyenne", la communication du groupe sur ce sujet via rapports, colloques et congrès internationaux, est très abondante. Il s'avère cependant que les sites sont parfois quelque peu démunis quant aux procédures à suivre pour remplir les objectifs fixés dans les programmes ; en effet les moyens de parvenir aux buts visés sont la plupart du temps laissés au choix des unités (moyens humains, organisationnels, matériels et financiers).

En France le relais institué par le Groupe au niveau de la Direction Technique de Philips France, lequel est destiné à renseigner les Responsables Environnement des unités françaises en matière de politique environnementale, de directives internes, ... se révèle malheureusement parfois inopérant. C'est du moins ce qui peut transparaître aux dires de certains de ces responsables qui se réunissent quatre fois par an pour échanger sur leurs expériences respectives.

Il n'existe pas réellement de service Environnement sur le site de Lamotte-Beuvron puisque le responsable environnement est avant tout responsable des relations sociales... En matière d'éco-conception il estime qu'il n'a pas le choix concernant son intégration dans les activités de l'unité mais qu'une grande liberté demeure sur la manière de procéder. Vis-à-vis du logiciel Ecoscan il confirme que le groupe[16] l'impose à toutes les unités de fabrication qui souhaitent évaluer les impacts environnementaux de leurs produits. Selon lui, « *aucune n'est tenue de l'utiliser si elle estime que son emploi ne lui est pas indispensable (résultats inexploitables, démarche inappropriée) ; c'est cependant pour l'instant le seul logiciel qu'une unité pourra acquérir dans une démarche environnement-produit* ». On peut parler du monopole d'Ecoscan chez Philips, lequel peut être mal accueilli par les équipes comme nous le soulignions plus haut, puisqu'il leur est non seulement imposé, mais aussi qu'aucune aide ne leur est fournie pour une mise en application dans les projets.

On voit donc une grande liberté dans le choix des procédures d'action contrairement au "choix imposé" des outils à utiliser. De notre point de vue un tel mode de fonctionnement n'est pas sans poser des difficultés en particulier au niveau des équipes projet, habituées à suivre des procédures inscrites dans les manuels d'instructions. Ce propos rejoint tout à fait les analyses de G. de Terssac sur le métier de la conception quand il souligne que « *les concepteurs ont besoin de dispositifs d'aide à la décision prescriptifs qui structurent leur espace d'action* » [DE TERSSAC 96].

L'existence de nombreux guides et directives internes édités par le Groupe demeure encore parfois ignorée de leurs destinataires ou leur contenu incompris, en particulier des concepteurs. Ils sont pourtant destinés à aider les équipes à intégrer la préoccupation environnementale dans leurs activités, mais la sensibilisation et la formation du personnel des unités reste insuffisante pour permettre une mobilisation

[16] Il faut savoir que Philips est l'une des entreprises ayant participé au projet de développement d'Ecoscan (par la société hollandaise Turtle Bay). Une unité du groupe est chargée de compléter la base de données et de renseigner les utilisateurs Philips sur les éco-indicateurs manquants.

autour de cette problématique. Une méconnaissance des enjeux de l'éco-conception doublée d'une mauvaise perception des outils proposés, comme Ecoscan, concourent en fait à un comportement de réticence vis-à-vis de cette nouvelle donne vécue comme une "contrainte". Nous y reviendrons dans le paragraphe suivant.

En termes de moteurs de l'éco-conception tels qu'évoqués dans la partie 1, il apparaît clairement ici et d'après les propos du responsable environnement, qu'ils tiennent essentiellement voire exclusivement de l'obligation de suivre la politique imposée par le groupe. Pour l'heure en effet les pressions de la clientèle semblent très faibles, les concurrents sur le marché ne semblent pas foncièrement axés sur le "marketing vert" et les équipes ne paraissent pas complètement convaincues des réductions de coût à escompter d'une approche environnement-produit. Il est vrai que la plupart (les concepteurs, les acheteurs, les marketeurs) ignorent en particulier les évolutions de la réglementation et notamment la préparation d'une directive européenne concernant les produits électriques et électroniques en fin de vie : ils ignorent en fait les échéances à court terme de cette réglementation et les implications qu'elle va engendrer pour les entreprises concernées et les équipes projet dans le développement des produits.

1.4.2. Le Bureau d'Etude : l'Environnement perçu comme une contrainte supplémentaire par des concepteurs démunis

Au travers des réactions des concepteurs[17], tant au cours de notre étude sur Ecoscan, de l'analyse de Benchmarking que lors des réunions-débats, nous avons pu déceler plusieurs types de réactions.

1.4.2.1. Des réactions vis-à-vis de la politique globale et de la Direction

Si la Direction exprime clairement son engagement vis-à-vis de cette approche, les concepteurs ont néanmoins du mal à cerner sa position et déplorent le manque manifeste de "logique" et de cohérence. L'éco-conception figure certes au rang des actions à engager dans l'optique de l'amélioration de la qualité (à la 9ème place sur les 27 actions du plan "BEST" 1999) ; le personnel a effectivement reçu la consigne de prendre en compte cette nouvelle approche de la conception, laquelle fut transmise par le responsable environnement et celui du bureau d'étude.

[17] Le Bureau d'Etude à Lamotte-Beuvron est constitué d'une trentaine de personnes, chefs de projet et dessinateurs (pratiquement en égale proportion) : 15 sont mobilisés sur des produits standards (produits sur catalogue) et 15 sur des produits spéciaux (projets avec clients identifiés).

Néanmoins aucune contrepartie en termes de soutien et de suivi de l'action ne leur est pour l'instant allouée par la Direction. Ils souhaiteraient donc que cette dernière leur accorde le bénéfice de l'apprentissage et les moyens nécessaires : du temps, des ressources financières et humaines.

Dans le même ordre d'idée les concepteurs attendent beaucoup des marketeurs qu'ils jouent le jeu et prennent part à cette nouvelle approche : ils devraient effectuer les études de marché et de la concurrence en conséquence[18] et élaborer des cahiers des charges fonctionnels[19] (ou marketing) où la dimension environnementale prendrait toute sa valeur. Le bureau d'étude a pour l'heure en effet la forte impression d'être désigné (par la Direction) comme devant être le moteur de la prise en compte de cette nouvelle donnée, alors même que les marketeurs, chefs de produit et managers des équipes projet, n'en sont pas convaincus.

1.4.2.2. Perception de la contrainte environnementale

Au travers des réactions des concepteurs il transparaît le sentiment général que cette nouvelle approche de la conception est vue comme une contrainte supplémentaire nécessitant un investissement non négligeable de chacun. D'aucuns estiment d'ailleurs qu'un tel investissement ne pourra aller de paire avec la réduction de la durée des projets prônée par la Direction.
Les membres du bureau d'étude se trouvent ainsi confrontés à deux exigences antinomiques puisqu'en effet l'appropriation de la démarche d'éco-conception requiert un apprentissage lent et progressif (***learning by doing***) qui ne peut se conjuguer dans un premier temps avec une réduction du temps de conception. C'est ainsi le cas lors de la mise en place de la démarche lorsque les automatismes n'existent pas et que demeurent de multiples interrogations sur le cheminement à suivre.

Outre ce problème temporel, il paraît évident que les concepteurs ne comprennent pas les enjeux de l'éco-conception présentés dans la partie 1, "L'Eco-conception dans l'entreprise" : les conséquences pour les entreprises de la Directive européenne en préparation, les chances de réduire à terme les coûts, les opportunités de se démarquer de la concurrence, ... Nombre de ces enjeux sont stratégiques mais les concepteurs ne les perçoivent pourtant pas comme tels puisqu'ils manquent d'explications et surtout qu'ils éprouvent des difficultés à se projeter dans le temps et hors de l'entreprise. Ils sont surchargés de contraintes qu'ils se sont à présent appropriées et qu'ils intègrent dans

[18] Ces études de marché et de la concurrence orientées selon une approche environnementale ont été évoquées dans la partie consacrée à l'éco-conception dans l'entreprise (partie 1).
[19] A noter à ce propos que l'analyse fonctionnelle, quelque peu négligée depuis des années sous prétexte que les projets sont rarement innovants, les techniques et composants employés souvent identiques, a récemment été réintroduite : à charge pour le marketing en concertation avec le bureau d'étude de caractériser les critères des différentes fonctions principales et contraintes désignées du produit.

leur démarche, et évacuent "presque tout naturellement" celle-ci perçue comme moins importante, moins stratégique. *« Il leur faut donc apprendre pour se saisir de cette contrainte comme ce fut le cas lorsqu'il s'est agi d'intégrer la qualité, quand les équipes disposaient de peu d'outils et de peu de soutien »*, reconnaît effectivement le Responsable Recherche & Développement.
Le problème à notre sens est qu'il manque encore un métier dans l'équipe projet : quelqu'un connaissant suffisamment le recyclage (un concepteur peut-être ?) ou un expert connaissant à la fois le métier de la conception et les filières de fin de vie. C'est lui qui pourrait être porteur des contraintes liées à la fin de vie dont sont dépourvus les concepteurs. Nous reviendrons plus tard sur cette question de l'expertise.

1.4.2.3. Contradiction entre l'éco-citoyen et l'éco-concepteur : le concepteur en manque d'incitation

Certains concepteurs "irréductibles" se montrent quelque peu hostiles à ce type d'approche de la conception en estimant qu'ils n'y voient aucun intérêt ; on touche effectivement là le cœur du problème : l'éco-conception n'est certainement pas un moyen de faciliter la tâche du concepteur mais plutôt celle du valorisateur et éventuellement celle de l'utilisateur. Comme nous l'évoquions dans les paragraphes précédents, les concepteurs ne comprennent pas l'enjeu « fin de vie » et les exigences que cela suppose.
Ces concepteurs se disent pourtant très préoccupés par l'environnement en affirmant faire personnellement du tri sélectif, prendre soin de la nature, proscrire les décharges sauvages, limiter les consommations d'énergie, … . Ils y voient là probablement un intérêt pour leur propre bien-être et leurs finances mais très certainement aussi pour flatter leur ego et séduire l'entourage : c'est dans l'air du temps, il est donc de bon ton de prétendre que l'on se préoccupe d'environnement. Il n'en va pas de même dans leur activité professionnelle et ce qui touche plus particulièrement à leur métier. Dans ce cas on leur demande d'intégrer des contraintes supplémentaires sans que certains y voient de quelconques bénéfices personnels. On peut certes leur parler de bénéfices économiques mais ils concernent l'entreprise … Sans une forte sensibilisation et des incitations à la motivation (participation active à des groupes de travail, communication précises des objectifs et des résultats, nombreux bénéfices pour chacun, évaluations), il y a peu de chances d'espérer qu'ils s'investissent complètement et avec conviction. On pourrait avancer aussi la nécessité, pour la Direction, de reconnaître le travail accompli, le concepteur devant effectivement ressentir que sa mobilisation est remarquée.
Nous avons précédemment parlé de modes d'organisation et d'outils pour éco-concevoir, il ne va pas sans dire que sans une mobilisation générale du personnel autour de cette cause commune, rien ne pourra se faire … Parmi les cinq tâches essentielles d'un projet d'éco-conception telles que l'évoquait J. Ehrenfeld [EHRENFELD 97] (cf paragraphe 4.3 dans la partie 1), c'est probablement la motivation du personnel par des incitations qu'il conviendrait de mieux prendre en compte.

1.4.2.4. Réactions vis-à-vis des études Ecoscan et Benchmarking

L'outil Ecoscan pourrait être vu comme un outil d'apprentissage pour aider à mieux percevoir les problèmes environnementaux posés par un produit. Il pourrait donc en cela participer à l'acceptation de la contrainte. Mais l'un des concepteurs souligne deux délicats problèmes propres aux études environnementales de type ACV ; nous les avions évoqués dans le paragraphe relatif aux ACV de la partie "outils" :

- Selon les hypothèses d'études choisies, il est toujours possible d'orienter les résultats tels que souhaités.
- Lors d'une étude comparative de deux produits, destinée à la communication, l'utilisateur est libre de choisir un référentiel de sorte que le nouveau produit à commercialiser ne pourra être que meilleur environnementalement parlant …

Pour résumer la critique des concepteurs vis-à-vis du logiciel testé, il suffit de reprendre cette phrase entendue lors de la restitution de nos travaux : "*on fait ou peut faire dire ce que l'on veut à l'étude et obtenir les résultats désirés*".
Ce sentiment de manque d'objectivité de l'outil fragilise d'autant plus les convictions des concepteurs envers le bien-fondé de la réalisation de ce type d'études environnementales qu'ils perçoivent difficilement les motivations profondes de la Direction : « *on va le faire puisqu'il en est ainsi et surtout si on n'a pas le choix, mais qu'est-ce que cela va nous apporter ? que va-t-on faire des résultats ? Sont-ils pertinents ?* » Il faut effectivement que ces résultats soient traductibles dans leur langage, dans leur système d'action. Ils ont beau être significatifs pour un spécialiste de l'environnement, ils n'en sont pas pour autant opérationnels pour les concepteurs.
« *Est-ce vraiment à nous de faire ce genre d'étude ?* ». En termes de ressources humaines, l'étude Ecoscan pose effectivement la question de l'expertise.

D'après l'étude de Benchmarking, enfin, l'approche d'éco-conception pose le difficile challenge de l'anticipation sur la fin de vie des produits. Il est vrai que les concepteurs ont du mal à se projeter sur le moyen ou long terme d'autant plus que dans le cas de Lamotte-Beuvron, ils n'ont aucune visibilité sur les produits après commercialisation. Beaucoup se réfèrent au présent et pour l'un d'eux « *marquer les pièces plastiques pour faciliter le recyclage de demain alors même que certaines filières de traitement n'existent pas aujourd'hui, paraît inutile* ».
De même le manque de connaissances de la réglementation et de son évolution peut annihiler la possibilité d'anticiper par exemple sur l'élimination prévue de l'emploi de telle ou telle substance et surtout sur la responsabilité potentielle des fabricants vis-à-vis de leurs produits usagés.

1.4.2.5. Quid de la nécessité de l'expertise ?

En réponse aux interrogations de certains concepteurs, on est en effet en droit de se poser deux questions :

- Peut-on imaginer que chaque concepteur soit à même de réaliser en cours de projet des études environnementales avec ce logiciel ?
  A noter qu'Ecoscan, utilisé de manière ponctuelle sur quelques projets au sein de l'unité de Philips du Mans (Philips Consumer Communications), n'est pas manipulé par les concepteurs eux-mêmes. C'est un membre du service environnement qui en est chargé.

- S'agit-il de désigner ou de recruter un expert environnement ou éco-conception chargé de toutes ces études, expert "indépendant" pouvant être intégré dans chaque équipe projet ?

Cette dernière question, relative à la place de l'expertise en matière d'environnement, fut soulevée par l'un des concepteurs estimant que les résultats de l'étude Ecoscan ne sont que pure analyse et regrettant que le logiciel ne fournisse aucune voie d'amélioration environnementale. Pour lui, ce rôle d'évaluation des produits puis de propositions de pistes potentielles d'amélioration incombe nécessairement à un spécialiste collaborant avec le bureau d'étude pour tous les projets : une manière peut-être d'évacuer cette nouvelle contrainte jugée inacceptable pour certains … , inacceptable car très certainement mal communiquée, incomprise, et sous-estimée, comme nous l'avons vu.
Ceci relance le débat évoqué dans la partie 1 consacrée à l'organisation interne en matière d'éco-conception : pour ou contre l'existence d'un service dédié tout spécifiquement à la problématique environnementale dans la conception des produits ? Voit-on poindre là la nécessité de faire exister un nouveau métier ?
Nous ne pouvons décréter qu'une organisation est meilleure qu'une autre mais nous pensons que chacun des membres du bureau d'étude doit être sensibilisé à l'environnement, doit participer aux séances de réflexions sur de nouvelles possibilités de conception et seconder l'expert, s'il en est, dans sa démarche. En aucune façon, la situation d'une équipe, s'en remettant intégralement à un spécialiste pour toutes les questions d'environnement, ne saurait être idéale : ces dernières doivent concerner tout un chacun.

1.4.3. Le service Marketing : les marketeurs en attente de signes forts face à des exigences environnementales des clients encore peu ressenties

Les marketeurs sont dans l'ensemble les moins enclins à intégrer l'environnement dans le développement des produits. Le responsable Marketing[20] est certes conscient des opportunités représentées par l'éco-conception et du retard industriel français par rapport aux pays nordiques mais cela ne suffit pas pour l'heure à mobiliser les membres du service.
A ce manque d'enthousiasme et d'engagement plusieurs raisons peuvent être invoquées :

- Le manque d'engagement ferme de la Direction.
  Un des marketeurs estime que « *quelqu'un doit décider des actions précises à entreprendre dans ce domaine et fournir les moyens adéquats. Ce ne peut être qu'au niveau de la Direction.* »

- L'allongement nécessaire des délais de développement qui serait contraire à la politique d'entreprise.
  Les marketeurs rejoignent ici l'avis d'autres membres de l'équipe projet.

- Une préoccupation de la clientèle peu axée sur l'environnement pour l'instant. Si on en croit les études de marché réalisées à Lamotte-Beuvron, peu de ces clients en effet seraient prêts à payer plus cher des produits dits "verts". Nous noterons ici qu'effectivement certains de ces produits peuvent être plus chers mais n'en faisons pas une généralité puisque ce n'est pas toujours le cas (exemple éloquent des emballages plus légers, contenant moins de matières, plus facilement recyclables, donc moins chers en définitive).
  Cette faible préoccupation des clients peut en partie être attribuée au fait que les marchés de cette unité sont avant tout professionnels comme nous l'avons vu dans la partie 1. La technique, les performances et la qualité sont prioritaires en matière de critères d'achat.
  Un marketeur remarque toutefois que la communication "produit" commence à évoluer et que les industriels de la profession louent de plus en plus souvent les qualités de leurs produits en soulignant que certaines sont aussi un plus pour l'environnement. L'exemple le plus répandu actuellement, qui de plus se situe dans le domaine de l'éclairage, est la communication sur les lampes ou les luminaires permettant une économie d'énergie non négligeable : cela représente à la fois un bénéfice pour le client en termes économiques et un bénéfice pour l'environnement.

[20] Le Responsable Marketing est originaire des Pays-Bas, pays où la culture environnementale est fortement ancrée dans les mentalités, dans le comportement des entreprises et de la société en général.

Mais on sait aussi qu'à travers cette communication on touche les limites et les ambiguïtés d'une telle démonstration s'il s'agit de lampes au mercure qui comportent un risque de pollution par la présence même du mercure.
Le marketeur insiste sur le fait que l'argument vert n'est généralement pas mis en avant mais vient renforcer l'argument qualité du produit (il parle de qualité environnementale), ce que nous soulignions dans le paragraphe sur le consumérisme vert dans la partie 1.

Un des marketeurs interrogés pense en fait que la mobilisation environnementale deviendra réelle dès que la concurrence se sera installée sur ce créneau. Cela pourra alors devenir un critère de poids pour se démarquer[21]. C'est également l'avis du Responsable Qualité Développement de l'unité de Suresnes. Quelques concurrents commencent à communiquer sur les actions environnementales entreprises sur leurs produits via leurs rapports environnementaux annuels ou leurs catalogues de produits, les cas demeurent néanmoins encore isolés et l'on soupçonne certains d'Europe du Sud de vouloir faire croire qu'ils se préoccupent d'environnement bien qu'il n'en soit rien …

Au sein du service marketing le designer, chargé de proposer des formes et des matériaux envisageables pour les nouveaux produits[22], reconnaît parfois un manque d'originalité dans les projets, rendu nécessaire par un marché peu enclin aux changements. Ses élans d'innovation sont en effet freinés par les marketeurs craignant des risques de pertes de marché, notamment en Allemagne ou aux Pays-Bas. De par sa culture le designer reconnaît voir en l'éco-conception une forme de retour de l'industrie manufacturière vers la nature. «*Dans Ecodesign, il y a "éco", "écologie" ; les formes des produits doivent être épurées, aléatoires, les lignes, arrondies et les matériaux plus proches de la Terre : le métal et le bois, des matériaux généralement à forte valeur d'estime chez le client.*» Cependant le marketing se doit de respecter la politique de conception du groupe (Design Policy) et les exigences de ses marchés européens, lesquels dans l'ensemble ne sont visiblement pas prêts au changement radical des produits ; Philips se situe en fait plutôt dans une **logique suiveuse** "***me-too***" (produits similaires aux produits concurrents). «*La technologie évolue peu d'un projet à l'autre ; ce sont les formes qui sont quelque peu modernisées »*, avoue le designer.
En définitive le choix des formes, des matériaux à employer et la fixation des prix sont dictés par le marché. Le marketeur, chef de produit, joue donc un rôle de prescription dans les projets, ce que déplorent certains concepteurs se sentant ainsi bridés dans leur démarche. Ces derniers estiment à juste titre qu'ils ne pourront tenir compte de l'environnement que lorsque le marketing en sera intimement convaincu et orientera ses prescriptions dans ce sens : «*jusque-là toute action environnementale venant du BE*

[21] Philips a édité en 1996 une norme générale pour le Groupe relative au marketing vert et en 1998, un guide de sensibilisation environnementale du Marketing ("*Get it greener*").
[22] Le designer est impliqué dans tous les projets de création de produits.

risquerait de ne pas être reconnue ». C'est aussi pour cela que le BE ne souhaite pas être l'unique "moteur" de la démarche d'éco-conception.

Pour finir sur une note encourageante en matière d'engagement du marketing, le service s'est trouvé très récemment confronté à une question embarrassante d'un client : une grande surface nouvellement implantée à Lisbonne s'est en effet adressée au service marketing de Philips pour savoir si les produits qui leur étaient vendus contenaient l'une des substances nouvellement visées par la réglementation portugaise. Une question à laquelle l'unité de Lamotte-Beuvron fut bien embarrassée de répondre puisqu'en effet incapable de fournir une réponse pertinente : "oui" ou "non" et si "oui", en quelle quantité ?, en ignorant même dans un premier temps si cette substance faisait effectivement partie des substances interdites ou à emploi limité par les directives ad hoc de Philips. N'ayant aucune connaissance du contenu exact de ses produits et ne les fabriquant pas elle-même, elle devait faire remonter le problème aux différents fournisseurs susceptibles d'être concernés, en espérant qu'ils aient eux-mêmes la solution.
Cette anecdote servit d'une part à faire prendre conscience à certains marketeurs que les exigences environnementales de clients pouvaient effectivement les affecter et probablement même leur faire perdre des marchés en cas de non respect : il s'agissait donc peut-être de ne pas sous-estimer ce nouveau paramètre et de l'intégrer dans la démarche de chacun.
Elle servit d'autre part la cause de l'élaboration d'une base de données composants / matériaux nécessaire pour répondre aux interrogations d'éventuels clients et certainement présider à terme au choix particulier de composants ou matériaux lors du processus de conception. Nous soulignions en effet plus haut l'absence de cette base de connaissances qui devrait prochainement être développée (l'une des actions environnementales de Philips Lamotte-Beuvron en 2000).

1.4.4. Le service Achats : Le choix difficile des fournisseurs respectueux de l'environnement

Au vu des manuels d'instruction de chacun des services, c'est certainement celui des achats qui pour l'heure contient le plus grand nombre de règles relatives à l'environnement. Il est vrai que dans le cas de cette unité qui conçoit et assemble ses produits mais ne les fabrique pas, les instructions concernant les contrats Philips - fournisseurs et les conditions d'achats des composants conditionnent fortement la qualité des produits et en particulier leur qualité environnementale.
Le service dispose ainsi d'une procédure relative à "la Politique Qualité et Environnement", qui stipule la sensibilisation environnementale des fournisseurs

(*sensibilisation aux normes ISO 14000*) et leur évaluation environnementale. Une directive environnementale interne à Philips Eclairage concerne également les achats. Les procédures existent effectivement, mais leur application n'est pas si simple …

Les principaux fournisseurs sont certes sensibilisés à l'environnement via "les journées fournisseurs" ou des visites sur site de Philips mais beaucoup reste encore à faire en matière de prise en compte effective de l'environnement dans les échanges Philips/Fournisseurs ; en effet ce paramètre n'est toujours pas considéré au même niveau que le prix des composants, leur qualité, le respect des délais ou la réactivité du fournisseur dans la grille de notation permettant son évaluation. La principale raison invoquée à ce comportement de l'acheteur réside simplement dans le fait qu'il ne conçoit pas encore d'éliminer un fournisseur sous prétexte qu'il ne respecte pas les règles d'environnement ou qu'il ne dispose pas de système de management environnemental certifié. L'un des acheteurs reconnaît à juste titre que plusieurs de leurs fournisseurs sont des PME locales pour lesquelles la préoccupation environnementale n'est pas celle du moment : « *elles sont déjà bien occupées avec la certification qualité alors leur parler d'environnement, d'éco-conception, …* ». Ceci ne manque d'ailleurs pas de soulever le délicat dilemme entre le choix de grands fournisseurs très préoccupés par les questions d'environnement mais loin de Lamotte-Beuvron, ce qui suppose des impacts environnementaux de transports importants[23], et le choix de petits fournisseurs locaux ne respectant pas l'environnement.
D'après une enquête réalisée lors de la mise en place de la certification ISO 14001 du site de Philips, il s'avérait effectivement qu'en 1997, sur les 120 fournisseurs ayant accepté de répondre aux questions (sur 131 fournisseurs), seulement 5% disposaient d'un SME certifié (des fournisseurs nordiques en particulier) et près de 53% n'envisageaient même pas de SME. Cela montrait l'ampleur du chemin à parcourir.
Philips Lamotte-Beuvron envisage prochainement de réitérer cette campagne en espérant constater une nette amélioration dans la préoccupation environnementale des entreprises. L'autre objectif d'une telle étude pourrait aussi, dans le cadre de la mise en place de l'éco-conception, consister à sensibiliser davantage les fournisseurs à cette approche environnement-produit en les interrogeant notamment sur la composition des composants fournis (matériaux, substances réglementées par Philips, …). Mais la plupart des acheteurs sont sceptiques quant aux retombées d'une telle campagne. Les fournisseurs sont certes tenus de connaître les substances interdites ou à emploi limité par Philips - les listes correspondantes leurs sont envoyées - et de certifier que leurs produits sont conformes à ces règles : ce sont les procédures d'instruction du service Achats qui l'exigent dans le cadre des contrats avec les fournisseurs. Mais bien souvent, ces derniers ignorent eux-mêmes le contenu de leurs produits (ils ont également des

[23] Sur ce point de vue des transports, un acheteur s'interroge pour savoir si finalement un transport de masse en containers, par bateau, depuis l'Asie n'est pas meilleur pour l'environnement que plusieurs transports par camion depuis l'Europe. Ceci reste effectivement à vérifier mais quoi qu'il en soit on peut être en droit de douter de l'éthique environnementale des entreprises asiatiques et de s'interroger sur la nocivité du contenu chimique des composants fournis…

fournisseurs ...) ou les concentrations exactes, et rares sont ceux qui certifient qu'aucune substance des listes n'est présente ou en quantité inférieure au seuil autorisé ; tels sont les constats effectués lors des résultats de l'enquête de 1997 sur le contenu des produits de 11 fournisseurs.

Ils n'ont pourtant pas remis en cause les relations de chacun avec Philips, un acheteur avouant d'ailleurs ne pas avoir su exploiter les résultats : «*la plupart des fournisseurs interrogés ont mal répondu aux questions qu'ils n'avaient semble-t-il pas comprises. Pour ceux qui disposaient vraisemblablement des réponses - un fournisseur nordique habitué probablement à ce genre de questions par exemple - , comment vérifier la fiabilité des données ? et surtout ... que faire de ces résultats ?*». Sanctionner les fournisseurs en défaut ? Les acheteurs n'ont pas pour l'instant franchi ce cap. Il faudrait pour cela qu'ils reçoivent des instructions précises de la Direction. Certains parlent d'un futur "proche" où tous les fournisseurs de rang A, homologués partenaires, devront être nécessairement certifiés ISO 14001 mais aucune date n'a pour l'heure été proposée. A noter ici que cette norme ISO ne certifiant pas le produit mais le site, le problème des substances toxiques, polluantes demeure entier[24]. Il faudrait donc aller vers un management plus large à stipuler dans les accords.

Il reste que pour l'instant les fournisseurs doivent pour être homologués partenaires :

- avoir un chiffre d'affaires important,
- signer un accord logistique,
- avoir une note d'évaluation[25] supérieure ou égale à 70/100,
- signer un accord qualité, dans lequel le fournisseur s'engage à respecter entre autres des spécifications environnementales :

  - Respect de la législation s'appliquant à son activité en matière d'environnement,

  - Pas d'utilisation, aussi bien dans la composition de ses produits que dans ses process, de substances interdites et de substances à supprimer (liste A) chez Philips,

[24] L'entreprise peut effectivement bien gérer ses nuisances sur le site mais fabriquer des produits néfastes pour l'environnement, contenant des substances toxiques.

[25] Cette évaluation du fournisseur repose sur plusieurs critères :

- économiques : compétitivité des prix, transparence des coûts, assise juridique et financière
- technologiques : expérience et maîtrise technique, références, force de proposition technique (innovation ?), ...
- qualité : résultat contrôle (par rapport à l'objectif), ISO 9000 ?, plan d'amélioration
- logistiques : respect des délais de livraison, capacité d'adaptation aux besoins, , qualité du transport, ...
- services : temps de réponse (commercial, technique, réclamations), temps d'intervention, qualités des contacts
- environnementaux : SME certifié ? démarche environnementale ? actions liées à l'environnement ? Ces critères ne sont pas notés de manière chiffrée de 0 à 100 comme les autres, mais uniquement avec des "+". **Ils ne rentrent donc pas dans la note d'évaluation.**

- Mise en place d'alternatives techniques si des substances de la liste A sont présentes dans ses produits ou ses process.

Toutefois aucun audit de vérification ne vient pour l'instant attester de ce respect des spécifications environnementales.

Nous disions plus haut que l'anecdote du client de Lisbonne, de même que la nécessité éventuelle de réaliser des analyses de cycle de vie (études Ecoscan en interne) avaient quelque peu renforcé l'idée d'une base de données composants / matériaux. Des questionnaires assez simples devraient donc être prochainement envoyés aux principaux fournisseurs (dans un premier temps). Il se pourrait que pour faciliter la tâche de ces derniers, selon les conseils d'une autre unité Philips procédant ainsi, la personne en charge du développement de la base soit amenée à rencontrer certains des fournisseurs pour remplir avec eux le questionnaire.

Les deux études environnementales et les réunions de sensibilisation des services constituèrent le premier grand pas de Philips Lamotte-Beuvron sur la voie de l'éco-conception. La seconde étape consista à identifier, dans la procédure de conception des produits établie par le site, "les points d'ancrage" de la dimension environnementale, l'objectif de la démarche étant de proposer des outils simples et pragmatiques à utiliser pour répondre à l'essentiel des questions environnementales soulevées au cours du déroulement d'un projet.
Cette ***proposition de démarche d'éco-conception*** est issue des réflexions sur l'éco-conception en entreprise (partie 1) et la pertinence de l'emploi de certains outils (partie 2).

2. L'ENVIRONNEMENT AU CŒUR DE LA DEMARCHE DE CONCEPTION

La première phase d'étude fut l'appropriation du processus de création de produit : le déroulement général, les responsabilités et les procédures d'instruction de chacun des membres de l'équipe projet. L'objectif principal était de comprendre ce processus de conception pour mieux identifier les points d'entrée du paramètre environnement.
Nous évoquions en introduction de cette partie les notions de produits "***green flagship***" et de produits "***ecodesign***" que sont censées développer les unités Philips. Il s'agit en fait de deux niveaux d'éco-conception que le groupe a choisi de prendre en compte. Ils

correspondent aux niveaux **1** - ***amélioration du produit*** - et **2** - ***reconception du produit*** - décrits dans la partie 1. De là, le second objectif qui a présidé à l'élaboration d'un modèle de démarche d'éco-conception était de proposer deux voies à suivre, chacune devant permettre d'atteindre l'un ou l'autre des niveaux.

2.1. La démarche classique de conception : la Procédure de Création de Produit

Le groupe Philips dispose d'une **Procédure de Création de Produit** (**PCP**) générale que chacune des unités des différentes divisions a adapté à sa propre activité.
Dans le cas de Philips Lamotte-Beuvron, cette procédure se décline en cinq phases :

1. **Idée,**
2. **Faisabilité,**
3. **Conception,**
4. **Développement,**
5. **Lancement.**

En faisant le parallèle avec le processus de conception choisi comme modèle dans la partie 1, nous proposons les correspondances suivantes d'après la figure 12 ci-après.

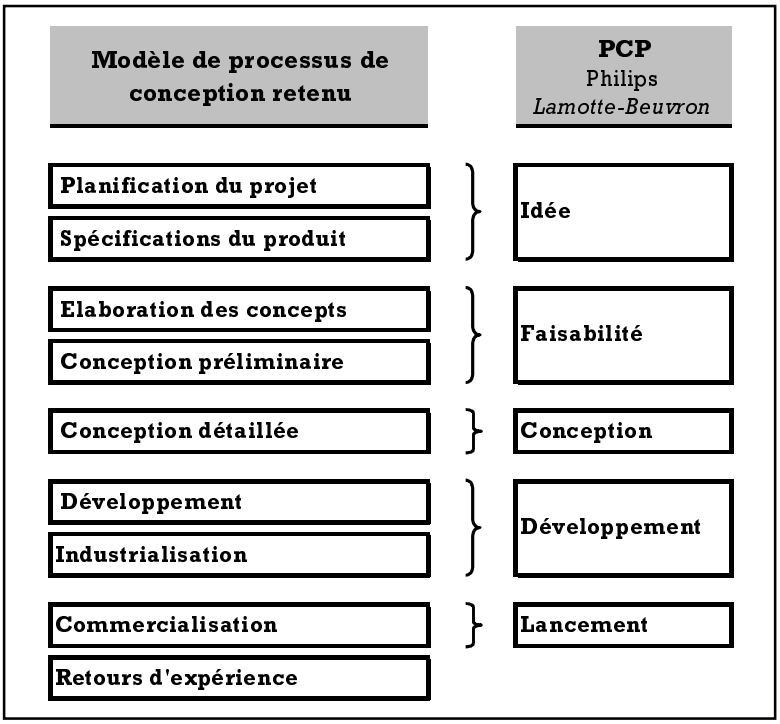


Figure 12 : Proposition de correspondance entre les phases de la PCP de Philips Lamotte-Beuvron et celles du modèle de processus de conception retenu.

Dans un projet de développement les services sont mobilisés en équipe, laquelle est dirigée par le service Marketing ; c'est en effet le marketeur, désigné chef de produit, qui est tenu responsable du bon déroulement d'un projet et qui présente l'avancée des travaux à la Direction lors des réunions mensuelles et des revues de conception de fin de phases. Il coordonne également les différents membres de l'équipe projet dont la composition variera au fur et à mesure de l'avancée du processus de création : ainsi les compétences des membres de certains services comme les Méthodes ou la Production, ne seront mobilisées par exemple qu'en phase de conception (conception détaillée).
En dehors du marketeur, les principaux membres "permanents" de l'équipe projet sont des représentants :

- du **bureau d'étude** : un concepteur, désigné chef de projet, associé à un dessinateur en charge d'élaborer tous les plans utilisés comme support de discussion lors de nombreuses réunions avec les fournisseurs, le service des méthodes et la production,
- du **service achats**,
- du **service qualité** : en principe un technicien chargé d'effectuer les tests de faisabilité et un spécialiste opticien/photométriste[26],
- du **service marketing** : le designer en charge des propositions de formes, de matériaux, d'aspects esthétiques divers, en sa qualité d'expert "artistique".

La Procédure de Création de Produits actuellement utilisée par l'unité de Philips Lamotte-Beuvron est représentée dans la figure 13 de la page suivante.

[26]Ce technicien opticien/photométriste est spécialisé dans l'étude de la forme des réflecteurs permettant le meilleur rendement d'éclairement des luminaires.

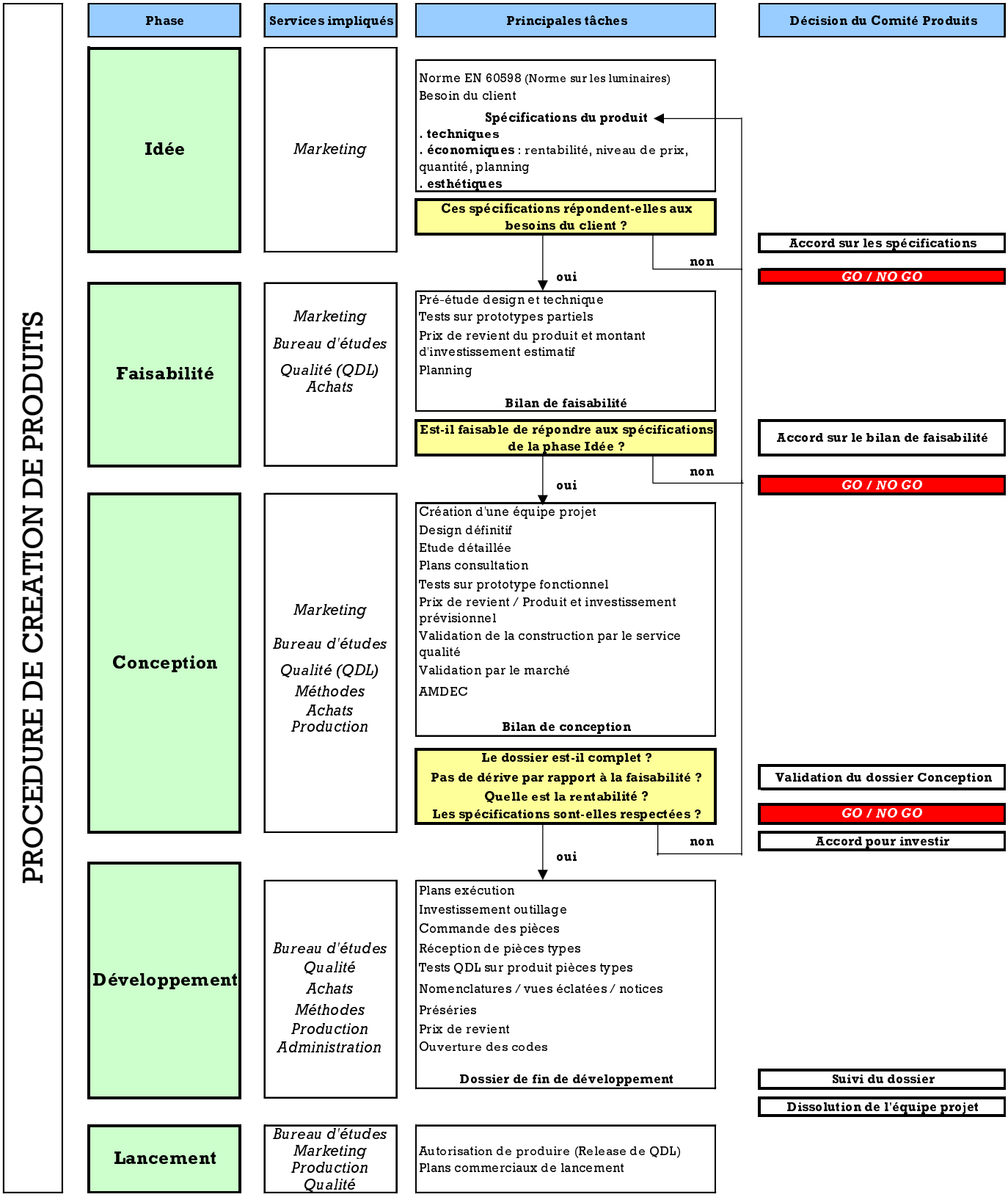


Figure 13 : La Procédure de Création de Produits chez Philips Eclairage, Lamotte-Beuvron.

Dans la démarche classique de conception les équipes projet disposent pour l'heure des outils suivants :

- Un **manuel d'instructions** pour chacun des services : il se compose des différentes procédures à suivre avec des guidelines et des check-lists permettant de valider les tâches effectuées. Les chefs de projet s'y réfèrent beaucoup au cours du déroulement du projet.

- Un **manuel qualité.**

- Un **logiciel de CAO** : EMS de chez Intergraph, au bureau d'étude.

Les équipes ne travaillent pas avec énormément d'outils informatiques. Ceci suppose la circulation au sein du bureau d'étude et d'autres services d'une grande quantité de documents papier avec les risques inhérents de pertes d'une part et de mises à jour peu réactives d'autre part.

En termes de méthodes de travail utilisées nous avons plus haut évoqué le retour à l'usage de l'analyse fonctionnelle en Phase Idée ; des AMDEC Produit sont réalisées en Phase Conception pour certains projets, lorsque se fait ressentir la nécessité de réfléchir en groupe sur de nouvelles solutions de conception permettant de résoudre de délicats problèmes de qualité.

En termes d'activité, l'essentiel des projets sont des améliorations de produits, des reconceptions et des extensions de gammes, ce en particulier pour les produits standards (sur catalogue). Les projets d'innovation sont pour la plupart réservés aux "Spéciaux" qui développent des produits à la demande de clients.

2.2. Quid de l'intégration du paramètre Environnement dans la Procédure de Création de Produit ?

2.2.1. Introduction des niveaux d'éco-conception

Stratégiquement parlant éco-concevoir va consister à mettre en place des mesures et des stratégies "Produit" à l'aide d'informations sur le potentiel de marché et les besoins des clients en matière d'environnement, pour les inclure dans la démarche de conception. Il va donc s'agir de réunir la politique de développement des activités à la politique environnementale comme nous le montre la figure 14 suivante.

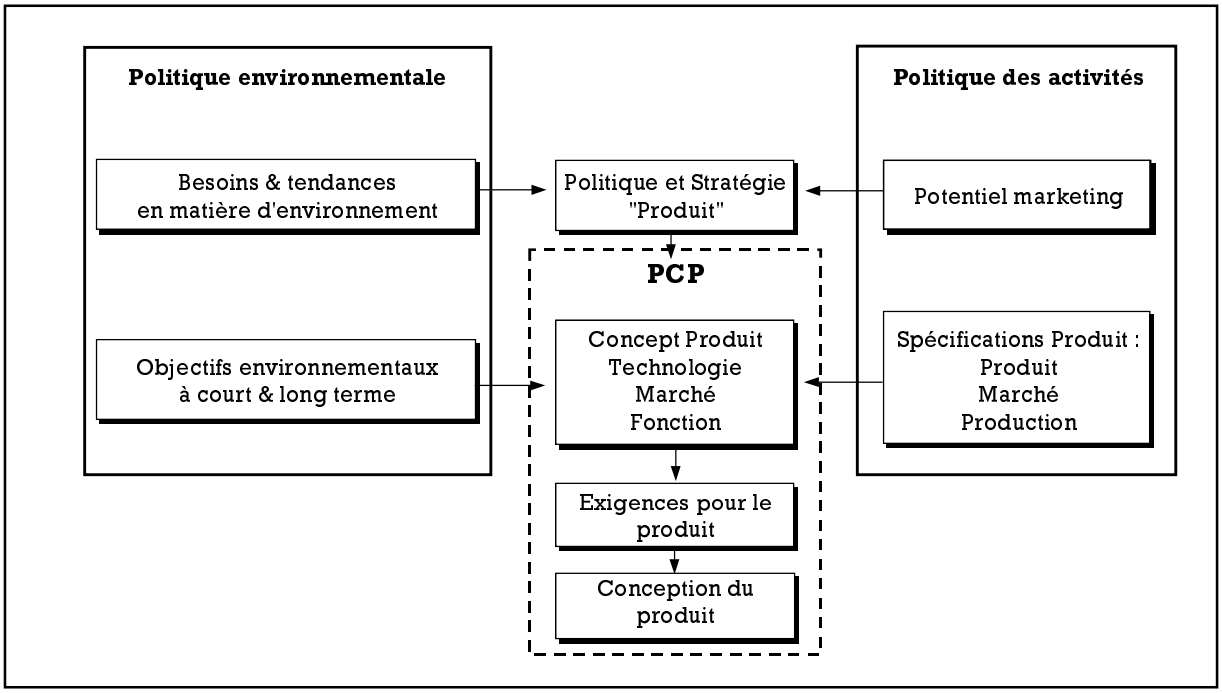


Figure 14 : Environnement et Procédure de Création de Produit chez Philips Groupe : le modèle.

Source : Herman Meinders, Guide Philips Point of No Return, 1997, p. 16.

Au niveau opérationnel nous avons déjà vu que les idées maîtresses d'un processus d'éco-conception résident dans :

- l'identification dans un processus de conception classique des points d'entrée adéquats du paramètre environnement,
- la mise en place d'une organisation,
- le développement des outils correspondants répondant aux besoins de l'équipe projet et adaptés à l'usage de certains des membres de l'équipe.

Nous avons évoqué qu'il existe plusieurs niveaux d'éco-conception qui peuvent être envisagés ; ils vont se traduire par des différences de remise en cause du produit ou même du système de production.
Il importe à une entreprise désireuse de s'impliquer dans un projet d'éco-conception de se définir le niveau qu'elle souhaite atteindre. L'unité Philips de Lamotte-Beuvron s'est ainsi choisie trois niveaux d'éco-conception dans le cadre du développement de ses futurs nouveaux produits. Deux d'entre eux sont établis par rapport aux cinq indicateurs choisis dans le programme Eco-Vision.

Niveau 0 Cas d'une non prise en compte des règles d'environnement, pour des raisons temporelles (délais trop courts impartis au projet), financières, … dans le cas d'une extension de la gamme, de modifications mineures d'un produit, ….

Niveaux 1 & 2 Inspirés d'Eco-Vision, les critères de décision, qui se rapportent à ces deux niveaux, ont été choisis dans un premier temps en concertation avec les membres du bureau d'étude lors d'une réunion avec tous les chefs de projet, puis établis par le responsable du BE quelques mois plus tard.
La seconde génération de critères se veut plus drastique que la précédente en termes d'exigences pour le développement de produits. Elle a néanmoins été validée par la Direction. La mise en application de ces niveaux d'éco-conception pourrait s'effectuer dans les prochains projets de l'année 2000.

Niveau		**Critères relatifs au niveau à atteindre**	
		Génération 1	***Génération 2***
Niveau 1	**Ecodesign Standard** ***Amélioration incrémentale du produit.*** Les spécifications environnementales partent du "bon sens". Elles sont simples. On ne remet pas totalement en cause le produit.	▪ Produit meilleur que tous ses concurrents <u>sur au moins **un** critère Eco Vision</u>. ▪ Produit évalué avec une check-list d'évaluation (oui/non) : **15** oui requis.	▪ Produit meilleur que celui qu'il remplace sur **trois** critères. ▪ Produit au moins 2ème par rapport à ses concurrents sur le critère énergie.
		Produit "***Ecodesign***"	
Niveau 2	**Ecodesign Plus** ***Reconception du produit.*** Le produit est conçu dans le but d'une démarche marketing forte. Les critères environnementaux peuvent être prioritaires. Le produit sera le "produit phare vert" de Philips.	Produit "***Green Flagship***[27]"	
		▪ Produit meilleur que tous ses concurrents <u>sur au moins **trois** critères Eco-Vision</u> dont la consommation d'énergie (*critère dont la non prise en compte est **rédhibitoire***).	▪ Produit meilleur que tous ses concurrents sur le critère énergie. ▪ Produit 1er ou 2ème pour tous les autres critères.

Tableau 4 : Critères caractérisant les deux niveaux d'éco-conception définis chez Philips Eclairage.

<u>Légende</u> : ***<u>Génération 1</u> : critères choisis en concertation avec les chefs de projet.***
<u>Génération 2</u> : critères choisis par le responsable du bureau d'études.

<u>Remarque</u> : Dans le cas des critères de "génération 2", pour le niveau "Ecodesign Standard", la référence est faite aux performances du produit existant à remplacer. Dans

[27] Produit "Green Flagship" : Produit "Phare Vert".

le cas d'un scénario d'amélioration de produit, l'objectif est effectivement de mesurer l'importance des améliorations environnementales apportées au produit.

A terme le niveau "Ecodesign Standard" devrait être applicable de manière systématique à tous les nouveaux produits. Le niveau "Green Flagship", quant à lui, ne devrait concerner que 1 ou 2 produits par an.

A noter que les critères de décision décrits dans le tableau 4 ont été pour partie inspirés de ceux de l'unité Philips Consumer Communications du Mans. Ils ont été adaptés aux produits d'éclairage en mettant en particulier l'accent sur le critère "consommation d'énergie".

Ces niveaux d'éco-conception à atteindre sont à définir très tôt dans le déroulement du projet. Dans le cas d'un produit "Green Flagship", le critère environnement est désigné comme très important et les études de marché et de la concurrence doivent être plus approfondies.

En fin de développement, c'est une nouvelle étude de Benchmarking environnemental, qui de notre point de vue, devrait pouvoir permettre de valider si le produit doit être déclaré "Ecodesign" ou "Green Flagship", et ce en fonction des critères de décision du tableau 4. Dans le cas d'une invalidation il va s'agir d'identifier l'étape du processus où la modification doit être apportée (si celle-ci s'avère nécessaire).

Nous estimions plus haut que le choix de développement d'un éco-produit doit être effectué en tout début de projet, voire même dans la phase de choix des futurs projets (le Rolling Plan chez Philips). Il s'agira alors de déterminer si le produit doit être "Green Flagship" ou simplement "Ecodesign". Cette précision est capitale car elle peut permettre à l'entreprise de se situer dans une démarche de progrès vis-à-vis de l'environnement. Il se peut en effet que des produits s'avèrent montrer un "bon comportement" environnemental sans avoir été éco-conçus. Ceci est assez ambigu car l'atteinte de futurs objectifs d'éco-conception ne pourra être le fait du hasard. Ce n'est qu'en instituant une démarche bien établie d'éco-conception que l'entreprise y parviendra.

2.2.2. Les points d'entrée de l'environnement dans la PCP

Les deux niveaux d'éco-conception définis, il s'est agi d'identifier les points d'ancrage du nouveau paramètre environnement dans la démarche du processus de création de produit propre à Philips Lamotte-Beuvron. La figure 15 suivante illustre ces actions à engager en termes d'environnement.

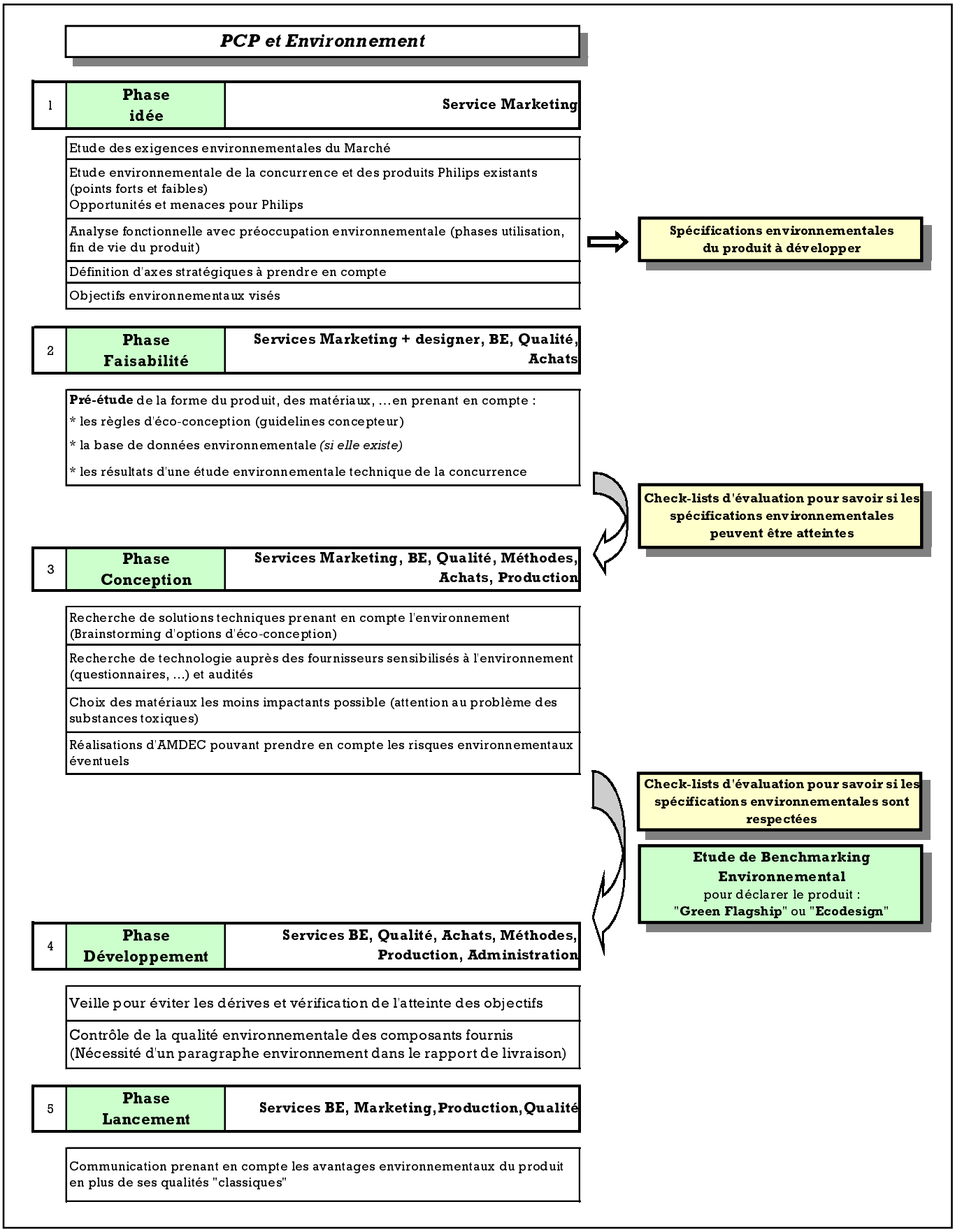


Figure 15 : La réflexion environnementale dans la PCP de Philips Lamotte-Beuvron.

2.2.3. Développement d'outils adaptés aux deux niveaux d'éco-conception

A partir de l'identification des points d'entrée de la donnée environnementale, notre tâche s'est poursuivie par l'élaboration de quelques outils simples et pragmatiques à l'usage des équipes projet et en particulier des concepteurs. Ces outils ont été pensés pour guider les équipes dans leur démarche et structurer quelque peu leurs actions. Ils n'ont néanmoins pas été mis à l'épreuve sur un projet et ne pourront bien sûr être validés ou adaptés qu'après avoir été testés. A partir de là, il pourra être envisagé de les intégrer dans les procédures d'instruction des services, voire même de rédiger une procédure spécifique relative à leur description et leur utilisation, comme nous l'a proposé le Responsable du BE.

Dans les paragraphes qui vont suivre nous nous sommes efforcés de distinguer les deux niveaux d'éco-conception pour désigner l'emploi des outils et les responsabilités de chacun. Le tableau 5 suivant présente effectivement la liste des outils qu'il convient d'utiliser au cours du déroulement du processus de création. Nous avons identifié les phases durant lesquelles l'équipe peut les mobiliser, ainsi que les services acteurs ou responsables de l'étude.

L'expert en éco-conception (ou en environnement), s'il en est, pourra, de par ses connaissances, venir seconder ou remplacer le service désigné pour manipuler certains outils comme Ecoscan - *dans le cas où celui-ci serait utilisé pour le développement des produits "Green Flagship"*- . A noter que cet expert, désigné sensibilisateur et formateur des équipes, pourrait être mobilisé sur plusieurs unités pour rendre cohérent les démarches de celles-ci : ce serait l'acteur de la cohérence chez Philips. Il pourrait faire bénéficier chacune des unités des expériences des autres. Une telle configuration paraît possible pour certains d'autant que dans une seule unité, selon les activités, la charge de travail n'est pas vue comme "insurmontable".

Outils	**Phases de la PCP**					**Service responsable**	**Acteurs**	**Expert éco-conception ?**	**Niveau "Ecodesign Standard"**	**Niveau "Ecodesign Plus"**
	I	**F**	**C**	**D**	**L**					
Etude stratégique ***Etude Marketing*** *(Marché, Concurrence) en matière d'environnement*						**MI**	**MI**			
Etude technique **Etude de Benchmarking Environnemental**						**MI**	**BE**			
Matrice des éco-priorités						**MI**	**MI + BE**			
Analyse fonctionnelle (avec critère environnement)						**MI**	**MI + BE**			
Eco-Matrice (choix d'éco-conception)						**BE**	**BE**			
Base de données environnementale						**Achats / MPDL**	**Achats / BE**			
Guidelines Concepteur (Guidelines "classiques" + environnement)						**BE**	**BE**			
Check-lists d'éco-conception (pour les revues de conception)						**BE**	**BE**			
Contrôles de "qualité environnementale"						**QDL**	**QDL**			
Etude Ecoscan						**MI**	**BE**			
Guidelines Marketing *Communication "verte" interne et externe*						**MI**	**MI**			
Check-list "Equipe Projet"						**MI (+BE)**	**Equipe projet**			

Tableau 5 : Les outils à intégrer dans la PCP pour atteindre les niveaux "Ecodesign Standard" ou "Ecodesign Plus".

Légende : **BE** (Bureau d'Etude), **MI** (Marketing), **QDL** (Qualité)
MPDL (Documentation)
I (Idée), **F** (Faisabilité), **C** (Conception), **D** (Développement), **L** (Lancement)

Voyons à présent quelques uns des outils élaborés pour les deux niveaux d'éco-conception.

Etude de Benchmarking Environnemental

L'étude réalisée sur deux luminaires et précédemment décrite devrait dorénavant être effectuée dans tout nouveau projet de développement, et ce au même titre que l'étude de Benchmarking classique. Nous avons élaboré sous Excel un petit outil permettant lors de l'analyse de la concurrence technique, en phase Faisabilité, de comptabiliser automatiquement, une fois les données rentrées, le nombre de composants, les masses et pourcentages massiques relatifs des matériaux, les systèmes de fixation, le taux de recyclabilité, ... (un exemple de grille est présenté en Annexe 8 : "*Etude de Benchmarking Environnemental*"). En fin d'étude, nous avons résumé l'essentiel des résultats sur une seule page, permettant aux concepteurs de comparer rapidement les produits. Cette comparaison des performances des produits analysés sur la base des cinq critères Eco-Vision peut être représentée en fin de projet :

- dans un tableau montrant les avantages du nouveau produit développé par rapport à des concurrents ou une version précédente,
- sur un radar : pour chaque axe correspondant aux cinq critères, il s'agit de positionner le produit sur une échelle de 1 à 5 où 5 représente la situation la plus favorable à l'environnement.

Cette étude de Benchmarking devrait être utilisée pour ***les deux niveaux d'éco-conception***.
En fin de développement, **une seconde étude** sur le produit pourrait permettre de le déclarer "Ecodesign" ou "Green Flagship", comme nous le précisions plus haut.

Matrice des éco-priorités

Cette matrice à l'usage du Marketing et du BE consiste à préciser, au regard de l'étude de Benchmarking environnemental précédemment utilisée, les objectifs de conception qu'il convient de se fixer ("x% de réduction de la masse") et ce par rapport aux critères Eco-Vision. Selon la priorité accordée aux critères (stratégie d'entreprise) et aux objectifs à remplir, les axes de travail pour chaque critère seront identifiés.
Cette matrice, représentée figure 16, pourra principalement être utilisée en phase faisabilité pour ***les deux niveaux d'éco-conception***.

		Masse	Substances toxiques	Consommation d'énergie	Recyclabilité / Fin de vie			Emballage
	Priorité des critères *(exemples)*	4	3	1	2			5
Priorité des objectifs ↑	1			*Augmentation rendement d'éclairement*				
	2				*Diminution nombre de vis*			
	3	*Diminution masse produit*						
	4						*Diminution nombre de composants*	
	5					*Diminution nombre de matériaux*		
	6							*Augmentation teneur en matériaux recyclés*
	7		*Elimination d'une substance nouvellement interdite*					

Figure 16 : Matrice des Eco-priorités (priorités des objectifs d'éco-conception).

Eco-matrice : matrice de choix des options d'éco-conception

Cette matrice sera utilisée en phase Faisabilité ou/et Conception pour le choix de nouvelles solutions de conception. Elle est à l'usage du BE qui pourra être aidé dans sa tâche par un expert en éco-conception. Ce type d'outil permettant de lister les faisabilités économiques et techniques d'une part et les avantages ou inconvénients à escompter de chacune des options possibles d'autre part, convient pour le ***niveau "Ecodesign Plus"*** : il nécessite en effet une mobilisation importante du BE. Celle-ci ne pourra pas avoir lieu, à notre sens, dans tous les projets de l'unité, du moins tant que les équipes n'auront pas les connaissances suffisantes.

Critère Eco-Vision	Priorité 1 à 5	Objectif	Options d'éco-conception	Faisabilité		Bénéfices (+) / Inconvénients (-)							
				Technique	Economique	Le client final		L'installateur		L'entreprise		L'environnement	
Masse													
Substances toxiques													
Consommation d'énergie													
Recyclabilité / Fin de vie													
Emballage													

Figure 17 : Eco-matrice : Choix d'éco-conception.

Base de données environnementale

Elle devrait aider les concepteurs à choisir les composants et / ou matériaux. Elle permettrait également aux marketeurs de pouvoir répondre à des requêtes de clients (cf plus haut anecdote de Lisbonne).

Cette base est en projet et n'a fait pour l'instant l'objet d'aucuns travaux. Elle nécessite, comme nous l'évoquions plus haut, l'envoi de questionnaires précis aux fournisseurs, lesquels ne sont pas encore très réceptifs. Il s'agirait pour constituer cette base, de connaître les principaux matériaux constitutifs des composants utilisés (plus de 4000 références actuellement ...) et les substances contenues dans ces matériaux. On comprendra aisément qu'une telle tâche sera conditionnée en majeure partie par la bonne volonté des fournisseurs et un énorme investissement de la part des acheteurs.

Guidelines concepteur

Quelques recommandations relatives aux substances interdites ou limitées et le marquage des pièces avaient déjà été introduites dans les guidelines de conception du manuel d'instruction du BE. Nous avons complété ces guidelines par des règles relatives au choix des matériaux, aux systèmes de connexion, à l'architecture du produit, à l'emballage, ... Ces règles relatives à l'éco-conception sont complètement intégrées avec les autres puisqu'elles doivent faire partie dorénavant du quotidien des concepteurs

(Des extraits sont présentés en Annexe 9). Elles concernent évidemment les ***deux niveaux d'éco-conception***.

Remarque : Ces guidelines pourraient à terme remplacer les guidelines classiques actuelles qui font l'objet d'une procédure dans le manuel d'instruction du BE. Elles devront pour cela être validées par la Direction.

Check-lists d'éco-conception

Elles permettent de vérifier si le projet évolue dans la bonne voie, d'après les objectifs fixés dès la phase Faisabilité. Elles sont à l'usage des concepteurs voire de l'expert en éco-conception. Elles seront surtout utilisées pour le ***niveau "Ecodesign Plus"*** puisqu'il va dans ce cas s'agir de mettre un fort accent sur les performances environnementales du produit, sur lesquelles le service Marketing devra communiquer.

Chaque check-list est adaptée à un axe d'éco-conception, comme "caractère recyclable du produit", "caractère démontable du produit", "minimisation de la consommation d'énergie en phase d'utilisation", … (un exemple est présenté en Annexe 10). Ces check-lists sont à utiliser à chaque fin de phase "***Faisabilité***", "***Conception***" et "***Développement***".

Etude Ecoscan

Il n'est pas assuré que l'analyse des produits avec Ecoscan soit désormais réalisée étant donné l'accueil réservé lors de la présentation de nos résultats. Il s'avère toutefois qu'une telle étude peut être exploitée à des fins de communication sur les projets de développement de ***produits "Green Flagship"***. L'analyse, réalisée par un concepteur ou plutôt un expert en éco-conception comme tel est le cas dans l'unité du Mans, pourrait en effet servir à louer, chiffres à l'appui, les qualités environnementales du produit en termes écologiques. Il pourrait être démontré que le nouveau produit est moins impactant que la version précédente.

Remarque : Les résultats de l'étude avec Ecoscan sont, chez Philips Consumer Communications au Mans, un critère de décision pour désigner un produit "Green Flagship".

A Lamotte-Beuvron, pour l'instant, aucun membre des équipes projet ne s'est résigné à utiliser Ecoscan …

↳ Check-list "Equipe Projet"

Cette check-list constitue un document de référence pour l'équipe projet dans sa démarche. Elle rassemble en effet l'ensemble des outils d'éco-conception qu'elle devrait utiliser, avec le niveau d'éco-conception concerné, l'étape à laquelle ils sont à employer (depuis la phase "Idée" jusqu'à la phase "Lancement"), le service "responsable", le service "acteur" et une très brève description de chacun d'eux. Cette check-list est inspirée d'un modèle classique qui fait l'objet d'une procédure dans le manuel d'instruction du BE. Cette check-list, dont la maintenance est de la responsabilité du Responsable du Bureau d'Etude, permet au chef de projet[28] de vérifier que le cheminement du processus de création est conforme à la procédure.
La version "environnementale" de cette check-list, dont la responsabilité de maintenance pourrait incomber en partie au BE et au service Marketing, n'a pas été validée puisque la plupart des outils n'ont pas été testés lors d'un projet.

Remarque : Tous les outils devraient en principe être décrits plus en détail avec des feuilles-types à reproduire (pour ce qui concerne les matrices ou les check-lists par exemple) dans une procédure intitulée "***Les outils d'Ecodesign***", procédure validée par la Direction après mise à l'épreuve et acceptation d'un certain nombre d'outils.

Pour ce qui concerne les autres "outils" évoqués dans le tableau 5, il s'agit de démarches classiques dans lesquelles peuvent être insérées des règles relatives à l'environnement :

- **Etude Marketing**

Pour le ***niveau "Ecodesign Plus"***, qui relève davantage d'une approche stratégique, le service marketing va être fortement mobilisé avec une démarche d'analyse du marché et des concurrents plus complète car orientée sur les préoccupations d'environnement :

- ➪ Que veut le client ?
- ➪ Que font les concurrents ?
- ➪ Quels axes ont-ils choisis ?
- ➪ Comment se démarquer ?
- ➪ Quelles spécifications fixer en termes de matériaux, taux de recyclabilité ?
- ➪ Quels sont les arguments les plus porteurs en terme de communication "verte" ? …

[28] Chef de Projet : un concepteur en charge du développement d'un produit.

- **Analyse Fonctionnelle**

Dans le cadre des spécifications fixées par le Marketing au Bureau d'études, l'accent devra être porté, ***pour les deux niveaux d'éco-conception***, sur le choix des matériaux, le respect de l'environnement et en particulier sur la maintenance / réparation et la fin de vie du produit : réutilisation, démontage, recyclage, …

- **Contrôles de qualité environnementale**

Ils vont consister, ***pour les deux niveaux d'éco-conception***, à vérifier, au niveau du service Qualité, si les pièces du produit sont marquées, si le démontage du produit est simple et rapide, … Ces contrôles s'ajoutent aux tests classiquement utilisés en laboratoire (tenue au feu, protections diverses, …).

- **Guidelines Marketing**

Dès le lancement du produit il va s'agir de communiquer sur les performances environnementales sur le marché. C'est valable ***pour les deux niveaux*** avec un plus fort accent pour le niveau Green Flagship. Nous avons évoqué plus haut l'existence de documents Philips relatifs au Marketing vert, ce qu'il faut faire et ne pas faire (***Philips Environmental Communication Guidelines***). Les recommandations sont par exemple les suivantes :

Les produits doivent être promus par rapport à des bénéfices pour le client plutôt que pour l'environnement. Positionner ou promouvoir un produit seulement par rapport à son moindre impact sur l'environnement devrait être évité.

A faire :

- *Argumenter sur ce qui est factuel et substantiel comme 25% d'économie d'énergie.*
- *Traduire autant que faire se peut les améliorations bénéfiques pour l'environnement en spécifications conventionnelles de produit : réduction de masse, plus faible consommation d'énergie …*

A ne pas faire :

- *Ne pas exagérer l'importance d'arguments environnementaux comme "sans CFC ou sans mercure" …*

Pour conclure sur ce paragraphe sur les outils nous pourrions dire qu'il s'agissait principalement ici de présenter une démarche d'éco-conception qu'une entreprise peut engager et imaginer les outils qu'elle pourrait utiliser pour répondre à sa problématique. En aucun cas nous ne saurions affirmer que tous les outils évoqués plus haut sont nécessaires et suffisants tant qu'ils n'auront pas été mis à l'épreuve. Pour l'heure, seule l'étude de Benchmarking environnemental a été validée et devrait faire l'objet d'une utilisation désormais systématique.

CONCLUSION

L'objet de cette partie était de confronter une expérience de terrain dans une petite unité d'un grand Groupe avec les enseignements tirés de la littérature en termes d'organisation et d'outils.

Concernant l'organisation nous avons constaté que malgré l'engagement du groupe Philips dans l'éco-conception, des petites structures comme celle de Lamotte-Beuvron pouvaient se trouver démunies devant le manque d'aide, de soutien et d'outils leur permettant de tenir ces nouveaux objectifs. Le dernier programme en date du groupe Eco-Vision (1998-2002) stipule en effet un certain nombre de directives focalisées sur cinq critères jugés essentiels (masse, substances toxiques, consommation d'énergie, recyclabilité - fin de vie, emballage) avec des résultats précis à obtenir dans chaque site mais les moyens d'y parvenir sont laissés au libre arbitre de chacun. Ceci engendre de fait une désorientation des Directions lesquelles manquant d'engagement ferme ont du mal à mobiliser leurs équipes.
Une étude avec le logiciel d'ACV, Ecoscan, recommandé par le Groupe, a montré qu'un tel outil, imposé aux équipes, était mal vécu. Cet outil apparaît peu adapté aux produits étudiés et surtout focalisé sur des critères écologiques assez loin des problématiques d'une équipe projet et des critères d'Eco-Vision. Par ailleurs la contrainte environnementale et ses enjeux demeurent pour beaucoup incompris.

Une démarche d'éco-conception nécessite un fort engagement de la direction et une mobilisation de chacun. Chaque membre d'une équipe projet doit ainsi se sentir concerné et avoir conscience de ses responsabilités, aussi bien les concepteurs, les acheteurs que les marketeurs. N'importe quel outil, aussi performant soit-il, ne pourra être convenablement utilisé que mis en tension dans une organisation où chacun aura compris et intégré la contrainte environnementale, comme ce fut autrefois le cas pour la qualité. Cette intégration ne pourra se faire que par un apprentissage lent et progressif grâce à des incitations en termes d'évaluation, de communication, de participation à des groupes de travail, ….

D'après le programme Eco-Vision, l'unité de Lamotte-Beuvron s'est choisi, pour le développement de ses futurs produits, deux niveaux d'éco-conception, sans compter un niveau 0 où l'environnement ne serait pas pris en compte. Nous avons développé une démarche et des outils simples devant permettre d'atteindre ces niveaux. Pour l'instant tous ces outils n'ont pas encore fait l'objet d'expérimentations ; néanmoins, certains comme les ***guidelines concepteur*** et l'***étude de Benchmarking Environnemental***, étaient envisagés, à la fin de notre travail de terrain, d'être utilisés assez systématiquement dans les futurs projets.

CONCLUSION GENERALE

L'éco-conception ou conception pour l'environnement est depuis peu, pour l'entreprise, une nouvelle problématique, qu'elle pourrait bien prendre en compte pour en tirer à terme un avantage concurrentiel. Il s'agit de concevoir des produits en ayant considéré dès leur conception, l'ensemble des impacts environnementaux qu'ils pourront avoir "du berceau à la tombe", soit sur l'ensemble de leur cycle de vie.
Nos travaux de recherche nous ont conduits à aborder deux grands aspects de l'éco-conception et ce, à travers les deux premières parties de ce mémoire :

- l'organisation en entreprise,
- les outils destinés à aider les équipes projet.

En matière d'organisation nous avons mené notre étude dans l'objectif de comprendre ce qu'est réellement une conception dite "respectueuse de l'environnement". Sur la base d'une revue bibliographique et d'une première enquête de terrain auprès d'entreprises des secteurs électriques et électroniques, nous avons d'abord essayé de situer les approches industrielles actuelles en matière d'éco-conception. Elles reposent sur plusieurs acceptions possibles que nous avons décrites. Elles se basent notamment sur une manière particulière de considérer le critère environnement dans la conception, sur un mode de remise en cause du produit et sur des visions différentes de son cycle de vie - *selon que l'on se focalise ou pas sur une seule phase et que l'on prend en compte un ou plusieurs critères* -. A l'heure actuelle la plupart des entreprises, bien que s'intéressant à l'éco-conception, ne remettent pas foncièrement en cause leurs produits ou leur mode de production. Elles se focalisent plutôt sur l'optimisation de certains critères (consommation d'énergie, substances toxiques), sur le cycle de vie complet de leurs produits ou certaines phases (fin de vie) et déclarent en fait prendre en compte le critère environnement au même titre que les coûts, les délais, les performances et la qualité. Le terme anglophone consacré à ce genre d'approche est DfE (Design for Environment).
Nous nous sommes ensuite intéressés aux facteurs qui pouvaient motiver les entreprises dans cette approche. Il vient que les principaux moteurs externes sont actuellement, dans l'ordre, les pressions de la clientèle, de la concurrence et de la réglementation et les principaux moteurs internes, la réduction des coûts et l'amélioration de l'image de marque (dans les secteurs électriques et électroniques). La hiérarchie de ces moteurs pourra varier, notamment avec l'évolution rapide de la réglementation.

L'éco-conception implique une vision différente du produit et de l'activité de conception. Nous avons vu qu'il existe en fait plusieurs niveaux de remise en cause du produit depuis une simple amélioration environnementale jusqu'à un véritable changement de système productif. A ces différences de niveaux vont s'ajouter de nombreux axes stratégiques de conception qui s'offrent à l'industriel, selon qu'il s'intéresse au choix de matériaux peu impactants, à la réduction des impacts de son produit en phase d'utilisation ou encore à l'optimisation de celui-ci en fin de vie. A chacun de ces axes correspondront des règles précises de conception.

Pour espérer parvenir à ces modifications de conception, l'entreprise a besoin de mettre en place une organisation, aussi bien en externe qu'en interne. Ainsi la vision cycle de vie de ses produits va l'obliger à collaborer davantage avec ses fournisseurs d'une part et avec des collecteurs-recycleurs d'autre part. D'après la littérature et d'après notre enquête, nous avons proposé d'attribuer un rôle aux acteurs principaux de l'entreprise, impliqués dans cette approche d'éco-conception, dont parmi eux, un expert en éco-conception. Certaines entreprises en effet peuvent en disposer ; nous avons vu que sa place et sa mission varient d'une entreprise à l'autre et qu'il est de ce fait difficile d'instituer une "organisation-type", comme celle dite "en sablier", proposée par une équipe de recherche américaine. L'une des questions soulevées par cette problématique d'organisation était justement la question de l'expertise. Faut-il constituer ou pas une structure spécialement dédiée aux questions d'environnement-produit, au risque de démobiliser les autres acteurs ? En situation, nous avons admis que des solutions, livrées "clé en main" par une entité indépendante, ne pouvaient que difficilement être recevables et qu'il doit y avoir concertation entre tous. Tout est en fait affaire de compromis dans une dynamique d'apprentissage collectif progressif.

Parler d'apprentissage revient à évoquer la nécessité de mettre en place des dispositifs pour apprendre à intégrer les nouvelles connaissances relatives à l'environnement. Il va s'agir, pour l'équipe projet, dans un premier temps d'explorer ces connaissances puis de les exploiter, c'est-à-dire les interpréter et les traduire pour chacun des membres de l'équipe. Ces connaissances seront, au fil des projets, intégrées de plus en plus aisément dans la démarche que s'approprieront les acteurs.

En termes de structure du processus d'éco-conception, nous avons proposé un modèle de démarche inspiré d'un modèle de conception classique :

1. Planification projet,
2. Spécifications du produit,
3. Elaboration des concepts,
4. Conception préliminaire,
5. Conception détaillée,
6. Développement,
7. Industrialisation,
8. Commercialisation,

9. Retours d'expérience (qui portent sur l'ensemble des étapes précédentes).

Pour chacune de ces étapes nous avons proposé un certain nombre de réflexions et d'études environnementales qu'il conviendrait d'adopter.
Des études sur la réussite de ce type de projet ont montré qu'il est d'abord indispensable que la Direction se montre motivée et valorise d'une manière ou d'une autre le travail accompli. Les équipes projet ont en effet besoin d'incitations, de suivi des actions et de communication pour s'investir pleinement. Un travail d'équipe, une bonne compréhension des mécanismes de conception classique, l'aide d'un expert, des formations et des outils pédagogiques simples pour remplir des objectifs précis, voilà ce qui devrait aider à assurer une appropriation de la démarche d'éco-conception. Les risques d'échec et de "rejet" de la démarche pourront eux être principalement liés à une certaine incompréhension, par les équipes, des enjeux réglementaires ou concurrentiels, un manque de savoir-faire et de connaissances et surtout de très nombreuses incertitudes propres à l'environnement (la réglementation, les techniques de traitement en fin de vie, la vision dans le temps et hors de l'entreprise, ...).

Nous disions plus haut que les équipes ont besoin d'outils pour éco-concevoir. Il nous était donc indispensable d'en savoir davantage sur le panel d'outils qui peut leur être proposé. Il s'agit de l'autre grand volet de l'éco-conception que nous avons abordé dans un second chapitre.
Pour en savoir plus, nous avons souhaité, outre réaliser un état de l'art de ce qui existe aujourd'hui, établir une classification parmi un foisonnement d'outils tout aussi différents les uns que les autres. Deux grandes catégories d'outils sont en fait identifiables :

- les outils d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit ; ces outils permettent d'établir un "éco-profil" ou profil environnemental ou encore "carte d'identité environnementale" du dit produit,

- les outils d'amélioration de la conception environnementale d'un produit ; ces outils vont aider les équipes projet à trouver de nouvelles solutions de conception pour pallier les faiblesses environnementales identifiées lors de l'évaluation.

Concernant les outils d'évaluation, deux modes sont encore envisageables. L'un, à dominante quantitative, regroupe des outils nécessitant beaucoup d'informations sur le produit à évaluer dont des logiciels ACV très élaborés en termes de méthodes de calcul et de présentation des résultats. Le second, à dominante qualitative, est réservé à des outils plus simples constitués parfois de simples listes où il s'agit de répondre par oui ou par non à des questions et noter simplement les réponses (oui = 1 et non = 0, par exemple) pour affecter une note environnementale au produit.

Alors que la première catégorie ne pourra être utilisée que sur des produits existants bien connus, la seconde en revanche pourra parfois servir à évaluer le produit en cours de conception. En termes de méthode, si l'on reproche aux outils qualitatifs de reposer sur des systèmes de notation subjectifs, dans le cas des outils quantitatifs, les reproches sont davantage liés au fait que les résultats vont grandement dépendre de l'objectif fixé, des données dont l'utilisateur dispose et des hypothèses qu'il aura établies. Nos expériences de terrain nous ont montré que l'on prête en effet souvent à ces outils le défaut de *"pouvoir faire en sorte d'obtenir les résultats escomptés*". De plus ces résultats chiffrés ne vont pas pour autant aider les concepteurs dans la recherche de nouvelles solutions : soit parce qu'ils ne sont pas exprimés dans un langage compréhensible, soit parce qu'ils quantifient des impacts pour des critères écologiques trop "éloignés" de l'activité concrète de conception et donc peu appréhendables par les concepteurs.
Nous avons donc identifié des outils d'amélioration plus focalisés sur la conception et destinés à accompagner les équipes. Depuis les normes jusqu'aux logiciels, en passant par les guidelines, les check-lists, les listes de matériaux, ..., l'éventail d'outils proposés est là encore très large. A l'heure de l'informatique, on pourrait penser que les logiciels sont les plus prisés par les entreprises au regard d'outils-papier "peu réactifs". Au vu de nos enquêtes, ce n'est, cependant, pas encore le cas puisque ils sont pour beaucoup développés en marge du monde industriel dans des laboratoires de recherche décontextualisés de la réalité. Perçus comme complexes, leur mise en situation en entreprise est compromise par de nombreux problèmes d'ordre financier (prix dissuasifs) et matériel (ils nécessitent de lourds investissements matériels). A cela, s'ajoutent des problèmes de méconnaissance de l'activité même de conception et de sous-estimation des phénomènes d'apprentissage inhérents à cette activité. Les équipes ont en effet besoin de comprendre la démarche, le mode d'utilisation, les informations nécessaires et les résultats à exploiter, pour s'aguerrir à l'emploi d'un logiciel. Une adaptabilité parfois difficile dans le monde des concepteurs, un manque de langage commun, une urgente nécessité de développer des connaissances nouvelles et le sentiment d'obtenir des résultats peu significatifs au regard des investissements réalisés, contribuent donc à ralentir cette appropriation des logiciels par les entreprises.

Outre ces deux grandes catégories - évaluation et amélioration- nous avons identifié d'autres outils simples d'emploi et rapides à s'approprier :

- des outils stratégiques, qui vont aider à établir une stratégie d'éco-conception en début de projet,
- des outils de sensibilisation, qui vont aguerrir les équipes à la préoccupation environnementale dans les activités de conception. Ces outils sont de plus en plus informatisés (intranet) pour faciliter leur mise à jour et l'accès libre de tous à tout instant.
- des outils de communication, qui vont permettre de présenter, en interne et en externe, les actions de l'entreprise en matière d'éco-conception.

Après présentation d'un foisonnement d'outils, il nous a paru opportun de nous interroger sur l'étape du processus d'éco-conception au cours de laquelle chacun d'eux pouvait être pertinent mais aussi sur son ou ses utilisateurs potentiels. En effet, après la description d'un modèle de démarche d'éco-conception où l'on stipule que les équipes ont besoin d'outils pour travailler, **nous faisons l'hypothèse qu'il est nécessaire de mettre en tension des outils et des processus. Ceci constitue précisément l'originalité de cette thèse.**

Au vu, d'une part des caractéristiques de chacun des outils, et d'autre part des connaissances et des résultats nécessaires à chaque étape du processus, nous avons donc proposé une démarche avec les outils nécessaires et les acteurs concernés. Si chaque membre d'une équipe a sa part de tâches et de responsabilités, il s'avère en fait que les acteurs les plus souvent sollicités sont les concepteurs et l'expert en éco-conception, s'il en est (éventuellement un membre du service Environnement), cet expert réalisant lui-même les études environnementales ou venant conseiller et seconder les concepteurs.

Enfin, même si pour l'instant un Système de Management de l'Environnement ne concerne pas les produits, nous nous sommes appuyés sur la littérature pour identifier une certaine similitude structurelle entre une démarche d'éco-conception et les outils qui s'y rapportent d'une part et les étapes principales d'un SME d'autre part.

Forts de ces enseignements en termes d'organisation et d'outils, nous nous sommes alors attelés à une étude de terrain dans une petite unité de la division éclairage du Groupe Philips. Cette unité, sur les directives de son Groupe, avait décidé de prendre en compte l'environnement dans la conception de ses produits.

Cette expérience très enrichissante nous a non seulement permis de mettre à l'épreuve un outil d'évaluation environnementale - *Ecoscan* - imposé par le Groupe, mais aussi de nous immerger dans le monde de la conception pour comprendre l'activité et aider les équipes à développer des éco-produits en leur proposant une démarche et des outils pragmatiques.

Notre étude Ecoscan, présentée à chacun des principaux services concernés par le développement d'un produit, nous permit de constater :

- Qu'un outil, imposé aux équipes, alors même qu'elles n'ont pas saisi les enjeux de son utilisation, était mal vécu, voire ignoré. Ceci est d'autant plus exprimé qu'Ecoscan est ressenti comme un outil "boîte noire" qui donne des impacts environnementaux globaux de produits exprimés en millipoints (mPt), des résultats "écologiques" fort éloignés des préoccupations de l'équipe projet. Ce sont de plus des résultats d'analyse qui ne proposent pas d'améliorations.
- Qu'un outil comme Ecoscan n'est pas adapté à tout type de produits. Cela va dépendre de la masse des produits étudiés et de leur composition (problème de la base de

données). Dans notre cas, l'étude sur la comparaison de deux luminaires encastrés ne fut pas suffisamment discriminante pour des produits conçus selon des techniques différentes (un produit "métal" / un produit "plastique").

La proposition d'une autre étude, sur les mêmes produits, mais basée sur des critères environnementaux de conception (masse, substances toxiques, consommation d'énergie, recyclabilité - fin de vie et emballage), compréhensibles par l'équipe, fut effectivement mieux accueillie. Cette étude était basée sur les cinq critères du dernier programme Environnemental de Philips, lequel vise entre autres les produits.
Même si la comparaison de deux produits étudiés avec une méthode multicritère demeure difficile et contestable, car enfin comment discriminer deux produits qui ne présentent pas de "bons" résultats pour les mêmes critères[29], l'étude fut plus concluante car les équipes y voyaient une manière nouvelle et différente d'observer les produits et leurs concurrents. C'était plus proche de leur métier et de plus c'était de "l'environnement".

L'essentiel de notre expérience acquise chez Philips est relatif aux points de vue et aux pratiques de chacun des services face à cette nouvelle problématique environnementale à prendre en compte dans leur démarche de conception.
Il ressort de ces observations qu'une Direction peu engagée et mobilisatrice aura d'énormes difficultés à motiver ses équipes. Nous parlions précédemment de l'organisation et des outils à mettre en place. Ils sont certes nécessaires mais nous avons pu constater que malgré un foisonnement d'outils et d'informations et des ressources organisationnelles constituées en services généraux (cas de Philips), cela ne suffit pourtant pas toujours à mobiliser les acteurs et assurer la réussite du processus d'éco-conception. Chaque membre d'une équipe projet doit ainsi se sentir concerné et avoir conscience de ses responsabilités. En termes d'outil enfin, quel qu'il soit, il ne pourra être convenablement utilisé que mis en tension dans une organisation où chacun aura compris et intégré la contrainte environnementale. Et cette intégration ne pourra se faire que par un apprentissage lent et progressif grâce à des incitations en termes d'évaluation, de communication, de participation à des groupes de travail, ...

Finalement on se rend compte que les équipes ont grandement besoin d'une méthode structurée pour éco-concevoir. Nous avons, dans le cadre de ces travaux, constaté que beaucoup de recherches étaient effectuées sur le développement d'outils, certaines sur l'organisation de l'éco-conception en entreprise, lesquelles se focalisent depuis peu sur l'aide aux PME. Mais peu encore lient outils et organisations, comme nous nous sommes proposés de le faire dans ces travaux.

[29] Problème des évaluations avec des méthodes multicritères (comme les ACV) : comment évaluer un produit par rapport à des critères indépendants, sans essayer de les pondérer pour obtenir une "note" environnementale unique plus facile lors de comparaisons que plusieurs notes pour des critères d'importances différentes.

Il faut en effet articuler outils et processus. Pour les faire tenir, une réelle mise en situation des outils est indispensable. D'autre part, il faut penser une procédure au service de la construction entre outils et processus.

Nous avons proposé, à l'unité de Philips, une démarche d'éco-conception, développé de simples outils et désigné les principaux acteurs à mobiliser. Ce peut être une bonne base pour initier une démarche d'éco-conception mais il manque encore des structures bien établies qui assureraient une amélioration continue de la démarche.
Parler d'organisation, de responsabilités et d'outils en matière d'éco-conception pourrait alors évoquer la nécessité de l'élaboration d'un système de management de l'éco-conception, à l'image du S.M.E. d'un site. On reconnaît que les équipes, disposant d'une méthode structurée, pourraient plus aisément s'investir et évaluer leurs performances en termes d'amélioration.
Certaines recherches ont lieu effectivement dans ce sens puisqu'une équipe hollandaise de l'Université Technologique de Delft a récemment présenté un modèle de système de management environnemental orienté - produit basé sur l'approche Plan-Do-Check-Act (ou Planifier-Agir-Vérifier-Réagir) [ROCHA *et al.* 99].

Pour l'heure, au niveau international, tout le monde s'accorde à dire qu'il s'agit bien effectivement de structurer la démarche d'éco-conception mais aucun consensus n'a encore abouti à l'élaboration d'une norme. Si certains, comme les Etats-Unis et la Grande-Bretagne, estiment que le sujet est déjà traité pour partie dans la norme ISO 14001 et que certaines exigences d'autres normes peuvent aussi servir aux industriels, d'autres comme la France, soutenue par le Japon et la Corée du Sud, persistent à penser que les deux démarches ***management de site*** et ***management de produit*** sont indépendantes et que tous les points spécifiques au produit ne sont pas traités dans la norme ISO 14001. Le comité ISO/TC 207 l'ayant autorisé, ces derniers ont constitué en Octobre 1999 un groupe de travail chargé de réfléchir sur l'élaboration d'un guide, traduction à l'international du fascicule documentaire NF X 30-310 "*Management Environnemental : Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits - Principes généraux et application - Lignes directrices*" [ENV /12 99].

S'agirait-il d'ajouter des préoccupations environnementales liées au produit dans certains paragraphes de la norme ISO 14001, comme prévu à l'origine de l'élaboration de cette norme, ou d'imaginer une autre norme et un Système de Management de l'Eco-Conception ? Cette réflexion pourrait faire l'objet de recherches ultérieures et constituer des perspectives de recherche à ces travaux.

BIBLIOGRAPHIE

A

[ADEME 99] ADEME (1999), Conception de produits et environnement - 90 exemples d'éco-conception, ADEME Editions, Paris

[ADL 97] ARTHUR D. LITTLE (1997), Design for Environment Measures and Tools - Current Trends, Discussion Guide for Digital Equipment Corporation.

[AFNOR 83] AFNOR (1983), X 30-110, Matières premières et énergie - Vocabulaire et méthodologie de la détermination du contenu énergétique - Équivalences énergétiques, 18 p.

[AFNOR 93] AFNOR (1993), R 10-401, Véhicules routiers : Traitement des Véhicules Hors d'Usage (VHU) - Dépollution et désassemblage des pièces non métalliques, Fiche technique, 13 p.

[AFNOR 94] AFNOR (1994), NF ISO 11469, Identification générique et marquage des produits plastiques, 7 p.

[AFNOR 96a] AFNOR (1996), Recueil de normes françaises : Management de l'environnement, 2ème édition.

[AFNOR 96b] AFNOR (1996), XP R 10-402, Véhicules routiers : Conception des véhicules en vue de l'optimisation de leur valorisation en fin de vie, 27 p.

[AFNOR 97] AFNOR (1997), ISO Guide/CEI 64, Guide pour l'introduction des aspects environnementaux dans les normes de produit, 9 p.

[AFNOR 98] AFNOR (1998), FD X 30-310, Management Environnemental : Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits - Principes généraux et application - Lignes directrices, 16 p.

[ALTING 91] ALTING L. (1991), *Life Cycle Design of Products : A New Opportunity for Manufacturing Enterprise,* Concurrent Engineering, Auerbach Publishers.

[ALTING *et al.* 93] ALTING L., JØRGENSEN J. (1993), *The Life Cycle Concept as a Basis for Sustainable Industrial Production*, Annals of the CIRP, Vol.42/1, pp. 163-167.

[ALTING *et al.* 95] ALTING L. (1995), LEGARTH J.B., *Life Cycle Engineering and Design* Annals of the CIRP, Vol. 44/2, pp. 569-580.

[AOUSSAT 90] AOUSSAT A. (1990), La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle, Thèse de doctorat, ENSAM Paris, 210 p.

B

[BAKKER 95] BAKKER C. (1995), Environmental Information for Industrial Designers, Thèse de doctorat, Delft University of Technology, Delft, Pays-Bas, 221 p.

[BARTH 93] BARTH D. (1993), Stratégies industrielles de production et de recyclage, Les éditions de l'organisation, 248 p.

[BEHRENDT *et al.* 97] BEHRENDT S., JASCH C., PENEDA M.C., VAN WEENEN H. (1997), Life Cycle Design : A Manual for Small and Medium-Sized Enterprises, SPRINGER-VERLAG, Berlin.

[BEITZ *et al.* 91] BEITZ W., GRIMM M., JORDEN W., KAUFER H., STEINHILPER R., WEBER R., WENDE A., ENNAULAT D. (1991), Konstruieren recyclinggrechter technischer Produkt, VDI 2243, University of Berlin, Allemagne.

[BERGENDAHL *et al.* 95] BERGENDAHL C.G., HEDEMALM P. & SEGERBERG T. (1995), Handbook for Design of Environmentally Compatible Electronic Products, IVF, Mölndal, Suède.

[BERGENDAHL *et al.* 97] BERGENDAHL C.G. & SEGERBERG T. (1997), *EcoPurchaser 1.0 : A tool for environmentally conscious procurement of electronic components and electronic products*, IVF Research Publication 98803, IVF, Mölndal, Suède.

[BHAMRA *et al.* 97] BHAMRA T., Mc ALOONE T.C. (1997), *Organisation requirements for achieving Environmentally Conscious Design*, CIRP, 4th International Seminar on Life Cycle Engineering, Eco-Performance'97, Berlin, Allemagne.

[BLANC *et al.* 99] BLANC I., LABOUZE E. (1999), *Analyse de Cycle de Vie - Evaluation de la qualité des données*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G 1, Paris.

[BLOUET *et al.* 95] BLOUET A., RIVOIRE E. (1995), L'Ecobilan - Les produits et leurs impacts sur l'environnement -, DUNOD, Paris.

[BOEGLIN 98] BOEGLIN N. (1998), *La promotion de la qualité écologique des produits et les écolabels*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G 1, Paris.

[BONAÏTI 94] BONAÏTI J-P. (1994), Environnement : de l'adaptation à l'anticipation scientifique, Génie industriel, les enjeux économiques, PUG.

[BÖTTCHER *et al.* 97] BÖTTCHER H., HARTMAN R. (1997), Eco-design : benefit for the environment and profit for the company, UNEP Industry and Environment, Vol. 20, N° 1-2, pp. 48-53, Paris.

[BOUSTEAD 93] BOUSTEAD I. (1993), Eco-profiles of the European plastics industry; report n°X, PWMI, Bruxelles, Belgique.

[BRAGD 97] BRAGD A. (1997), *Learning from the introduction of green products : two case studies from the gardening industry*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 3, pp. 7-17.

[BRALLA 96] BRALLA J.G. (1996), Design for Excellence, Mc Graw Hill, New York.

[BRAS 97] BRAS B. (1997), *Incorporating environmental issues in product design and realization*, UNEP Industry and Environment, Vol. 20, N° 1-2, pp. 7-13, Paris.

[BREZET *et al.* 94] BREZET J.C., VAN HEMEL C. (1994), Product Development with the Environment as Innovation Strategy - The PROMISE Approach, Delft University of Technology Report, Delft, Pays-Bas.

[BREZET *et al.* 95] BREZET J.C., CRAMER J.M., STEVELS A.L.N. (1995), From Waste Management to Environmental Innovation, Rathenau Institute Report, La Haye, Pays-Bas.

[BREZET 97] BREZET J.C. (1997), *Dynamics in ecodesign practice*, UNEP Industry and Environment, Vol. 20, N° 1-2, pp. 21-24, Paris.

[BREZET *et al.* 97] BREZET J.C., VAN HEMEL C. (1997), Ecodesign : A Promising approach to sustainable production and consumption, PNUE, Paris.

[BRINK *et al.* 98] BRINK S., DIEHL J. C., BREZET H., HENNESSEY J. (1998), *EcoQuest, an ecodesign long-distance learning tool for suppliers of the electronics industry*, Care Innovation'98 Proceedings, pp. 292-297, Vienne, Autriche.

[BULLINGER *et al.* 94] BULLINGER H.J., WARSCHAT J., BOPP R. (1994), *Methods and Tools to Support Design for Recycling*, CIRP, 2nd International Seminar on Life Cycle Engineering RECY'94, Erlangen, Allemagne.

[BULLINGER *et al.* 96] BULLINGER H.J., WARSCHAT J., BOPP R., WÖRNER K. (1996), *Approaches to Product Life-Cycle Cost Estimation in Concurrent Engineering*, 3rd International Conference on Concurrent Engineering & Electronic Design Automation, Cambridge, Royaume-Uni.

[BUTEL-BELLINI 97] BUTEL-BELLINI B. (1997), *Stratégie d'environnement des sites de production*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G1, Paris, France.

[BUTNER 95] BUTNER S. (1995), How Real is the Green Consumer ?, Discussion paper prepared for retailers, Battelle Seattle Research Center, Seattle, USA.

C

[CADO 96] CADO S. (1996), Indice écologique de l'emballage (Renault), Rapport de Mastère "Mécanique et Environnement", ENSAM Chambéry.

[CARBALLES 99] CARBALLES J.C. (1999), *L'Ecodéclaration environnementale des produits électriques et électroniques : une réponse adaptée aux demandes légitimes des clients*, Environnement, Vol. 21, pp. 1-2.

[CASTET *et al.* 89] CASTET P., LE BOUAR C. (1989), Le nouveau shopping écologique - 350 produits à connaître, Sand, Paris.

[CHARTER 96] CHARTER M. (1996), Survey : Environment and Design in the Electronics Sector, Report, Faculty of Design, Centre For Sustainable Design, Farnham, Royaume-Uni.

[CHARTER *et al.* 96] CHARTER M., CHICK A. (1996), *Managing Ecodesign*, The CfSD Newsletter, Vol. 1, n°2.

[CHARTER *et al.* 99] CHARTER M., BELMANE I. (1999), *Integrated Product Policy (IPP) and eco-product development (EPD)*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 10, pp. 17-29.

[CHEN *et al.* 95] CHEN R.W., NAVIN-CHANDRA D., NAIR I., PRINZ F., WADEHRA I.L. (1995), *ImSelection - An Approach for Material Selection that Integrates Mechanical Design and Life Cycle Environmental Burdens*, IEEE'95 Symposium on Electronics & the Environment, Orlando, USA.

[CHEVALIER 99] CHEVALIER J. (1999), Elaboration d'un protocole d'analyse de cycle de vie des procédés - Application aux traitements des fumées d'incinération des déchets ménagers, Thèse de doctorat, INSA Lyon, 220 p.

[CHING *et al.* 98] CHING S., JACQUES M., KIRBY J.R., MANN T. (1998), *Development of a Comprehensive Product Environmental Profile System*, Care Innovation '98 Proceedings, pp. 369-376, Vienne, Autriche.

[CLANET 96] CLANET L. (1996), Prise en compte de l'environnement dans la conception d'une glacière (Camping Gaz), Rapport de Mastère "Mécanique et Environnement", ENSAM Chambéry.

[CLARK 97] CLARK T. (1997), *Eco-design and supply chain management*, 2nd International Conference on Managing eco-design, The Centre for Sustainable Design, Londres, Royaume-Uni.

[CLARK *et al.* 99] CLARK T., CHARTER M. (1999), Ecodesign Checklists For Electronic Manufacturers, "System Integrators", and Suppliers of Components and Sub-assemblies, Technical Report, The Centre for Sustainable Design, Farnham, Royaume-Uni.

[COULTER *et al.* 95] COULTER S., BRAS B., FOLEY C. (1995), *A Lexicon of Green Engineering Terms*, International Conference on Engineering Design (ICED), Prague, République Tchèque.

[CURTIS 97] CURTIS M.S. (1997), *Design For Environment software*, UNEP Industry and Environment, Vol. 20, N° 1-2, p. 63, Paris.

D

[DE /4 97] DECISION ENVIRONNEMENT (1997), *Eco-conception : six exemples à suivre*, Décision Environnement, n°55.

[DE /10 99] DECISION ENVIRONNEMENT (1999), *Les arguments verts désormais normalisés*, Décision Environnement, n°80.

[DE CALUWE 97] DE CALUWE N. (1997), Ecotools manual - A comprehensive review of Design for Environment tools, Manchester Metropolitan University Technical Report, Manchester, Royaume-Uni.

[DELAFOLLIE 91] DELAFOLLIE G. (1991), Analyse de la valeur, HACHETTE, Paris.

[DESGEORGES 94] DESGEORGES J-P. (1994), Proposition pour l'organisation des filières de collecte et de valorisation des produits électriques et électroniques arrivés en fin de vie, Rapport d'étude, 142 p.

[DE TERSSAC 96] DE TERSSAC G. (1996), *Le travail de conception : de quoi parle-t-on ?*, Coopération et Conception, Octares Editions, Toulouse, pp. 1-22.

[DEWBERRY 95] DEWBERRY E. (1995), *Ecodesign Strategies*, Eco Design, Vol. IV, N°1, pp. 32-33.

[DEWBERRY *et al.* 96] DEWBERRY E., GOGGIN P.A. (1996), *Spaceship ecodesign*, co-design journal, N°5-6, pp. 12-17.

[DE WINTER *et al.* 94] DE WINTER A. & KALS J.A.G. (1994), *A methodic approach to the environmental effects of manufacturing*, CIRP, 2nd International Seminar on Life Cycle Engineering RECY'94, Erlangen, Allemagne.

[DIAZ-CALDERON *et al.* 94] DIAZ-CALDERON A. et al. (1994), *Computer based advisors for environmentally conscious green product design*, CMU Report EDRC 12-63-94, Engineering Design Research Center, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

[DOWIE 95] DOWIE T.A. (1995), A disassembly planning and optimisation methodology for design, Thèse de doctorat, The Manchester Metropolitan University, Manchester, Royaume-Uni, 134 p.

[DUBOTS 98] DUBOTS P. (1998), *Un outil d'aide à la conception des produits*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G1, Paris.

E

[EAGAN 96] EAGAN P. (1996), *Integrating the Environment into Product line Strategies*, Care Innovation '96 Proceedings, pp. 86-93, Francfort, Allemagne.

[EBACH 97] EBACH H. (1997), *DEMROP : Recycling analysis and design software*, Brite Euram Project, Siemens AG, Münich, Allemagne.

[ECMA 97] ECMA (Standardizing Information and Communication Systems) (1997), Product-related environmental attributes, Technical Report TR/70.

[EHRENFELD 97] EHRENFELD J. (1997), Implementing Design for Environment, A primer guide developed by Digital Equipment and The Massachusetts Institute of Technology program on Technology, Business & Environment, Etats-Unis.

[EHRENFELD *et al.* 97] EHRENFELD J., LENOX M.J. (1997), *The development and implementation of DfE programmes*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 1, pp. 17-27.

[ENGELBORGHS 96] ENGELBORGHS E. (1996), *TOtal PROduct life-Cycle COst Estimation (TOPROCO)*, Intersymp'96, Baden Baden, Allemagne.

[ENV /12 99] ENVIRONNEMENT (1999), *Ecoconception : travaux de l'AFNOR et de l'ISO*, Environnement, n°21, p. 15.

[ENV. CANADA 97] ENVIRONNEMENT CANADA (1997), Gestion du cycle de vie environnementale - Guide pour de meilleures décisions commerciales.

F

[FELDMANN *et al.* 95] FELDMANN K., MEEDT O. (1995), *Recycling and Disassembly of Electronics Devices*, The IFIP WG5.3 International Conference on Life-Cycle Modelling for Innovative Products and Processes, Berlin, Allemagne.

[FLEISCHER *et al.* 97] FLEISCHER G., REBITZER G., SCHILLER U., SCHMIDT W.P. (1997), euroMat'97 - Tool for Environmental Life Cycle Design and Life Cycle Costing, Rapport technique, Technical University of Berlin, Institute for Environmental Engineering, Berlin, Allemagne.

[FOULARD 94] FOULARD C. (1994), La modélisation en entreprise - CIM-OSA et ingénierie simultanée, HERMES, Paris.

[FROELICH *et al.* 96] FROELICH D., MOREAU F., CHERFAN S. (1996), *La Conception des véhicules en vue du recyclage*, Déchets : traitement, valorisation, Revue Annuelle 96 des Elèves des Arts et Métiers, Paris, pp. 48-51.

[FROSH *et al.* 89] FROSH R., GALLOPOULOS N. (1989), *Strategies for Manufacturing*, Scientific American, Vol. 261, 3, pp. 144-152.

[FUSSLER *et al.* 96] FUSSLER C., JAMES P. (1996), Driving Eco Innovation - A breakthrough discipline for innovation and sustainability, Pitman Publishing, Londres.

G

[GAUCHERON *et al.* 98] GAUCHERON T., SHENG P., ZUSSMAN E. (1998), *Hierarchical Disassembly Planning for Complex Systems*, ISCIE 98, Japan-USA Symposium On Flexible Automation, International Conference on New Technological Innovation for the 21st Century, Otsu, Japon.

[GERTSAKIS 97] GERTSAKIS J. (1997), *Eco-design for the real world*, UNEP Industry and Environment, Vol. 20, N° 1-2, pp. 25-28, Paris.

[GOEDKOOP 95a] GOEDKOOP M. (1995), The Eco-indicator 95 : Final Report, National Reuse of Waste Research Programme (NOH) Pré consultants, rapport n°9523.

[GOEDKOOP 95b] GOEDKOOP M. (1995), The Eco-indicator 95 : Manual for Designers, National Reuse of Waste Research Programme (NOH), Pré consultants, rapport n°9524.

[GRAEDEL *et al.* 95] GRAEDEL T.E. & ALLENBY B.R. (1995), Industrial Ecology, AT&T.

[GRAEDEL *et al.* 96] GRAEDEL T.E. & ALLENBY B.R. (1996), Design for Environnement, AT&T.

H

[HATCHUEL 94] HATCHUEL A. (1994), *Apprentissages collectifs et activités de conception*, Revue française de gestion, pp. 109-119.

[HATCHUEL 96] HATCHUEL A. (1996), *Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription*, Coopération et Conception, Octares Editions, Toulouse, pp. 101-121.

[HATTORI *et al.* 96] HATTORI M., INOUE H., NOMURA N. (1996), *Design Strategy for Ecologically Conscious Product*, CIRP, 3rd International Seminar on Life Cycle Engineering ECO-Performance '96, Zürich, Suisse.

[HERMAN 98] HERMAN V. (1998), *EU Working paper on the management of waste from electrical & electronic equipment - An industry response : ICL*, Conference on Product design implications of the European Commission's recent approach to the management of waste from electrical & electronic equipment, The Centre for Sustainable Design, Londres, Royaume-Uni.

[HESSELBACH *et al.* 96] HESSELBACH J., KIM Y-J. (1996), *Assessment of the Product and Process To Improve Disassembly and Recyclability for Design for Environment (DFE)*, Care Innovation '96 Proceedings, pp. 116-121, Francfort, Allemagne.

[HOFFMAN 95] HOFFMAN W. F. (1995), *A Tiered Approach to Design for Environment*, International Conference on Clean Electronics Products and Technology, Edimbourg, Royaume-Uni.

[HOLLOWAY *et al.* 94] HOLLOWAY L., CLEGG D., TRANTER I., COCKERHAM G. (1994), *Incorporating environmental principles into th design process*, Materials & Design, Vol. 15, N°5, pp. 259-267.

I

[ICER 97] ICER (1997), Design for Recycling Electronic and Electrical Equipment, ICER Guidelines, Londres, Royaume-Uni.

[ISHII 94] ISHII K. (1994), Life-Cycle Engineering Design, Department of Mechanical Engineering Report, Stanford University, Stanford, USA.

[ISHII *et al.* 95] ISHII K. & LEE B. (1995), *Reverse Fishbone Diagram : a Tool in Aid of Design for Product Retirement*, ASME Design Technical Conference.

[ISHII 96] ISHII K. (1996), *Material Selection Issues in Design for Recyclability*, Proceedings of the 2nd International Conference on Ecobalance, pp. 435-440, Tsukuba, Japon.

[ISO 97] ISO 14040 (1997), Management environnemental - Analyse de Cycle de Vie - Principes généraux et Cadre.

[ISO 98] ISO 14041 (1998), Management environnemental - Analyse de Cycle de Vie - Définition des objectifs et de l'échelle - Inventaire du cycle de vie.

[ISO 99a] ISO/CD 14042 (1999), Management environnemental - Analyse de Cycle de Vie - Evaluation de l'Impact du Cycle de Vie.

[ISO 99b] ISO/DIS 14043 (1999), Management environnemental - Analyse de Cycle de Vie - Interprétation du Cycle de Vie.

J

[JAKOBSEN 87] JAKOBSEN K. (1987), *Design principles with special reference to aluminium*, Aluminium, pp. 56-57, Skanaluminium.

[JANIN 96] JANIN M. (1996), Approche critique de plusieurs méthodologies de diagnostic d'impact de matériels électriques sur l'environnement (EDF), Rapport de Mastère "Mécanique et Environnement", ENSAM Chambéry.

[JANIN *et al.* 98] JANIN M., BELLINI B., BLANCON R., FROELICH D. (1998), Education and Training for Sustainable Development, Care Innovation'98 Proceedings, pp. 416-427, Vienne, Autriche.

[JANIN *et al.* 99] JANIN M., BUTEL-BELLINI B. (1999), *Ecoconception. Etat de l'art des outils disponibles*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G1, Paris.

[JOHNSON *et al.* 95] JOHNSON E. F., GAY A. (1995), *A Practical, Customer-Oriented DFE Methodology*, IEEE'95, Orlando, USA.

[JOUINEAU 93] JOUINEAU C. (1993), *Analyse de la valeur*, Techniques de l'ingénieur, Traité Conception des produits industriels AG6, Paris.

K

[KAHMEYER 95] KAHMEYER M. (1995), Flexible Disassembly with Industrial Robots, IPA : Fraunhofer Institute, Technical Report, Stuttgart, Allemagne.

[KARLSSON 97] KARLSSON M. (1997), Assuring Environmental Performance in Product Development, Dissertation for licenciate in Engineering, The Green Concurrent Engineering Research Programme, IIIEE, Lund University, Suède.

[KÄRNÄ *et al.* 98] KÄRNÄ A., HEISKANEN E. (1998), *The challenge of product chain thinking for product development and design - the example of electrical and electronic products*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 4, pp. 26-36.

[KEOLEIAN *et al.* 93] KEOLEIAN G. A., GREGORY A., MENEREY D. (1993), Life Cycle Design Guidance Manual ; Environmental Requirements and the Product System, EPA Report n° 600/R-92/226.

[KEOLEIAN *et al.* 94] KEOLEIAN G. A., MENEREY D. (1994), *Sustainable Development by Design : Review of Life Cycle Design and Related Approaches*, Air & Waste, Vol. 44, pp. 644-668.

[KEOLEIAN *et al.* 95] KEOLEIAN G. A., KOCH J. E., MENEREY D. (1995), Life Cycle Design Framework and Demonstration ¨Projects - Profiles of AT & T and AlliedSignal, EPA Report n° 600/R-95/107.

[KHALIFA 98] KHALIFA K. (1998), *La prise en compte de l'environnement dans l'industrie*, Instantanés techniques, 09/98, pp. 37-44.

[KHALIFA 99] KHALIFA K. (1999), Analyse du Cycle de Vie des systèmes en interface économie-écologie. Proposition d'une démarche empirique et itérative, Thèse de doctorat, Université PARIS I, La Sorbonne, 272 p.

[KNIGHT *et al.* 99] KNIGHT W., CURTIS M. (1999), *Design for Environment software development*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 9, pp. 36-44.

[KORTMAN *et al.* 95] KORTMAN J., VAN BERKEL R., LAFLEUR M. (1995), *Towards an Environmental Design Toolbox for Complex Products ; Preliminary results and experiences from selected projects*, Proceedings of International Conference on Clean Electronics Products and Technology, Edimbourg, Royaume-Uni, pp. 35-40.

L

[LANDRY 95] LANDRY M. (1995), *L'ambiguïté comme outil de gestion*, Revue Française de Gestion, n° Septembre-Octobre.

[LAURENT 96] LAURENT D. (1996), Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits ; Guide général de SCHNEIDER ELECTRIC, Rapport de Mastère "Mécanique et Environnement", ENSAM Chambéry.

[LE BORGNE 98] LE BORGNE R. (1998), De l'usage des Analyses de Cycle de Vie, Thèse de doctorat, ENSAM Paris, 205 p.

[LE COQ 92] LE COQ M. (1992), Approche intégrative en conception de produits, Thèse de doctorat, ENSAM Paris, 211 p.

[LEE *et al.* 97] LEE B., RHEE S., ISHII K. (1997), *Robust Design for Recyclability using Demanufacturing Complexity Metrics*, ASME Design Technical Conferences and Computers in Engineering Conference, Sacramento, USA.

[LENOX *et al.* 96] LENOX M., JORDAN B., EHRENFELD J. (1996), *The Diffusion of Design for Environment : A Survey of Current Practice*, IEEE'96 Symposium on Electronics & the Environment Proceedings, pp. 25-30, USA.

[LENOX *et al.* 97a] LENOX M., EHRENFELD J.R. (1997), *Design for Environment : A New Framework for Strategic Decisions*, Moving Ahead with ISO 14000, Chap. 22, pp. 211-225.

[LENOX *et al.* 97b] LENOX M., EHRENFELD J. (1997), Organizing for Effective Environmental Design, Technical Report, Technology, Business & Environment Program, M.I.T, Cambridge, USA.

M

[Mc ALOONE *et al.* 95] Mc ALOONE T.C., EVANS S. (1995), *The Challenges of Environmentally Conscious Design*, International Conference on Clean Electronics Products and Technology, Edimbourg, Royaume-Uni.

[Mc ALOONE *et al.* 96a] Mc ALOONE T.C., EVANS S. (1996), *Integrating environmental decisions into design : a move towards sustainable product development*, Conference of the Greening of Industry Network - Global Restructuring : A Place For Ecology ?, Heidelberg, Allemagne.

[Mc ALOONE *et al.* 96b] Mc ALOONE T.C., HOLLOWAY L.P. (1996), *From Product Designer to Environmentally Conscious Product Designer*, Applied Concurrent Engineering Conference, Seattle, USA.

[Mc ALOONE *et al.* 97a] Mc ALOONE T.C., EVANS S. (1997), *How Good is your environmental design process ? A self-assessment technique*, International Conference on Engineering Design, ICED'97 Proceedings, Vol. 3, pp. 625-630, Tampere, Finlande.

[MANZINI 91] MANZINI E. (1991), *The limits and possibilities of eco-design*, Communication lors d'un workshop d'experts "Ecodesign of Products", Delft, Pays-Bas.

[MANZINI 97] MANZINI E. (1997), Designing sustainability - leapfrog : anticipation of a possible future, Domus Academy Report, Milan, Italie.

[MEIJKAMP 97] MEIJKAMP R. (1997), *Changing consumer needs by eco-efficient services an empirical study on Car Sharing*, 2nd International Conference "Towards sustainable product design", The Centre for Sustainable Design, Londres, Royaume-Uni.

[MEINDERS 97a] MEINDERS H. (1997), Point of no return, PHILIPS EcoDesign guidelines.

[MEINDERS 97b] MEINDERS H. (1997), *Point of no return : eco-design according to ISO 14001*, 2nd International Conference on Managing eco-design, The Centre for Sustainable Design, Londres, Royaume-Uni.

[MENKE *et al.* 96] MENKE D.M., DAVIS G.A., VIGON B.W. (1996), Evaluation of Life-Cycle Assessment Tools, Technical Report prepared for Hazardous Waste Branch Environment Canada.

[MER 98] MER S. (1998), Les mondes et les outils de la conception - Pour une approche socio-technique de la conception de produit, Thèse de doctorat, INPG, Grenoble, 1 p.

[MICHEL 99] MICHEL J. (1999), *Management de la valeur pour le développement durable*, La Valeur, n°80, pp. 4-5.

[MICHELETTI 96] MICHELETTI G.F. (1996), *Role and influence of ecodesign on new products conception, manufacturing and assembly*, 4th International Conference on Advanced Manufacturing Systems and Technology, AMST'96, Udine, Italie.

[MIDLER 95] MIDLER C. (1995), Développement de la gestion de projet et évolution des entreprises, Rapport du Centre de Recherches et de Gestion, Ecole Polytechnique.

[MILLET 95] MILLET D. (1995), Prise en compte de l'Environnement en Conception : Proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et rejets engendrés par le produit sur son cycle de vie, Thèse de l'ENSAM, Paris, 180 p.

[MIZUKI *et al.* 96] MIZUKI C., SANDBORN P.A., PITTS G. (1996), *DfE - A Survey of Current Practices and Tools*, Care Innovation'96 Proceedings, pp. 96-103, Francfort, Allemagne.

N

[NAVARRO *et al.* 98] NAVARRO A., SCHNEIDER F., CHEVALIER J. (1998), *Analyse du cycle de vie. Problèmes d'affectation*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G 1, Paris.

[NAVIN-CHANDRA 93] NAVIN-CHANDRA D. (1993), *ReStar : A Design Tool for Environmental Recovery Analysis*, International Conference on Engineering Design, La Haye, Pays-Bas.

O

[O'CONNOR 98] O'CONNOR F. (1998), *Practical Tools for Environmentally Conscious Design and Manufacturing*, 15th Irish Manufacturing Conference., Irlande.

[OLESEN 97] OLESEN J. (1997), *Environmental QFD - The Creation of Project Focus*, International Conference on Engineering Design, ICED'97 Proceedings, Vol. 1, pp. 323-328, Tampere, Finlande.

[OTA 92] OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (1992), *Green Products by Design : choices for a cleaner environment*, US Congress, Washington, USA.

P

[PAHL *et al.* 84] PAHL G., BEITZ W. (1984), Engineering Design : a systematic approach, Design Council, Londres, Royaume-Uni.

[PORTER *et al.* 95] PORTER M., VAN DER LINDE C. (1995), *Green and Competitive, Ending the Stalemate*, Harvard Business Review, pp. 120-134.

[POYNER *et al.* 95] POYNER J.R., SIMON M. (1995), *Integration of DFE Tools with product development*, International Conference on Clean Electronics Products and Technology, Edimbourg, Royaume-Uni.

[POYNER *et al.* 96a] POYNER J.R., SIMON M. (1996), The Continuing Integration of the Ecodesign Tool with Product Development, Manchester Metropolitan University Technical Report, Manchester, Royaume-Uni.

[POYNER *et al.* 96b] POYNER J.R., SIMON M. (1996), Integrating Environmental Information Into A Designer's Cognitive Processes Using An Ecodesign Expert System. A protocol analysis Case Study, Manchester Metropolitan University Technical Report, Manchester, Royaume-Uni.

[PRIEUR 89] PRIEUR M. (1989), *Le droit progresse, la justice hésite*, Science et Technologie, n°16, pp. 69-71.

[PRIMECA 98] PRIMECA (1998), Pôle des Ressources Informatiques pour la Mécanique, Actes du colloque "Concurrent Engineering, Applications et perspectives de la conception pour la production", INSA Lyon.

[PRINS 97] PRINS J. F. (1997), *Design for Environment in Practice*, International Conference on Engineering Design, ICED'97 Proceedings, Vol. 3, pp. 611-618, Tampere, Finlande.

[PUYOU 99] PUYOU J-B. (1999), *Démarches d'éco-conception en entreprise*, Technique de l'Ingénieur, Traité Environnement G1, Paris.

Q

[QUARANTE *et al.* 96] QUARANTE D., MAGNON L. (1996), *Design industriel*, Techniques de l'ingénieur, Traité Génie Industriel AG6, Paris.

R

[RAM *et al.* 98] RAM B., Van KNIPPENBERG P. (1998), Ecodesign Workshop, Philips CEEO & Philips CFT.

[ROCHA *et al.* 99] ROCHA C., BREZET H. (1999), *Product-oriented environmental management systems : a case study*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 10, pp. 30-42.

[ROMBOUTS 98] ROMBOUTS J.P. (1998), LEADS II : A Knowledge-based system for ranking DfE-Options, Technical Report, Delft University of Technology, Delft, Pays-Bas.

[ROSE *et al.* 98a] ROSE C.M., ISHII K., MASUI K. (1998), *How product characteristics determine end-of-life strategies*, IEEE'98 International Symposium on Electronics & the Environment Conference, Chicago, USA.

[ROSE *et al.* 98b] ROSE C.M., BEITER K., ISHII K., MASUI K. (1998), *Characterization of Product end-of-life strategies to enhance recyclability*, ASME, Design for Manufacturing Symposium, Atlanta, USA.

[ROSE *et al.* 98c] ROSE C.M., STEVELS A., ISHII K. (1998), *Product Characteristics and their Relationship to End-of-Life Strategies*, Care Innovation'98 Proceedings, pp. 241-248, Vienne, Autriche.

[ROUSSEAUX 93] ROUSSEAUX P. (1993), Evaluation comparative de l'impact environnemental global (ECIEG) du cycle de vie des produits, Thèse de doctorat, INSA Lyon, 276 p.

[ROY *et al.* 97] ROY R., SMITH M., POTTER S. (1997), *Green product development : factors in competition* , International Competitiveness and Environmental Policy, Barker T & Kohler J, Chap. 10, pp. 265-275, Edward Elgar.

[RYAN 92] RYAN C. (1992), *EcoDesign not EcoTechnology : Social and cultural factors as the key to design in a greener market*, Technovision Conference, Copenhague, Danemark.

S

[SAUR *et al.* 96] SAUR K., GEDIGA J., HESSELBACH J., SCHUCKERT M., EYERER P. (1996), *Life Cycle Assessment as an Engineering Tool in the Automotive Industry*, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 1, pp. 15-27.

[SCHIESSER 99] SCHIESSER P. (1999), *Facteur 10 et sac à dos écologique : outils pour mesurer les progrès vers une consommation plus soutenable*, Conférence Euroforum Eco-conception des produits, Paris, France.

[SCHMIDHEINY 92] SCHMIDHEINY S. (1992), Changer de Cap, Dunod, Paris.

[SCHMIDT-BLEEK 94] SCHMIDT-BLEEK F. (1994), Gedanken über eine neue Dimension des Umweltschutzes. Wie erreichen wir eine zukunftsfähige Wirtschaft ?, Rapport Technique du Wuppertal Institute, Wuppertal, Allemagne.

[SETAC 93] SETAC (1993), Guidelines for Life-Cycle Assessment : A Code of Practice.

[SEURAT 89] SEURAT S. (1989), *La dimension écologique*, L'expansion, 11/89, p.7.

[SIDOROFF 96] SIDOROFF S. (1996), *Evaluation des impacts environnementaux : Panorama des méthodes utilisées en ACV*, Conférence Internationale Matériels Electriques Industriels et Environnement, Versailles, France.

[SIMON 91] SIMON M. (1991), Design for Dismantling, Professional Engineering.

[SIMON *et al.* 97] SIMON M., SWEATMAN A. (1997), *Products of a sustainable future*, the International Sustainable Development Research Conference, Manchester, Royaume-Uni.

[SIMON *et al.* 98] SIMON M., EVANS S., Mc ALOONE T.C., SWEATMAN A., BHAMRA T., POOLE S. (1998), Ecodesign Navigator - A key resource in the drive towards environmentally efficient product design, Manchester Metropolitan University, Cranfield University & Engineering and Physical Sciences Research Council, Royaume-Uni.

[SMITH *et al.* 96a] SMITH M.T., ROY R., POTTER S. (1996), The Commercial Impacts of Green Product Development, Technical Report DIG-05, The Open University, Design innovation Group, Milton Keynes, Royaume-Uni.

[SMITH *et al.* 96b] SMITH M.T., ROY R., POTTER S. (1996), *Green product development - practice and profit*, Business Strategy & Environment Conference, Leeds, Royaume-Uni.

[SONDEEN *et al.* 98] SONDEEN M.R., CARLSON-SKALAK S. (1998), *A Tool for planning Sustainable Product Development in Small Companies*, International Congress on Environmentally Conscious Design and Manufacturing (ECDM), Rochester, USA.

[STEINHILPER 95] STEINHILPER R. (1995), *Product recycling and eco-design : challenges, solutions and examples*, International Conference on Clean Electronics, Edimbourg, Royaume-Uni.

[STEINHILPER *et al.* 98] STEINHILPER R., HIEBER M. (1998), *Recycling Networks and Design for Environment - An Interdisciplinary Approach for Downcycling, Recycling and Upcycling*, Care Innovation'98 Proceedings, pp. 30-37, Vienne, Autriche.

[STEVELS 97a] STEVELS A.L.N. (1997), *Moving companies towards sustainability through eco-design : conditions for success*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 3, pp. 47-55.

[STEVELS 97b] STEVELS A.L.N. (1997), *Design for Environment*, UNEP, Asia Pacific Technical Monitor, pp. 27-33.

[STRUBEL 96] STRUBEL V. (1996), *Development of a « Green TV »*, Care Innovation '96 Proceedings, pp. 291-295, Francfort, Allemagne.

[SWEATMAN *et al.* 96] SWEATMAN A., SIMON M. (1996), *Design for Environment Tools and Product Innovation*, CIRP, 3rd International Seminar on Life Cycle Engineering ECO-Performance '96, Zürich, Suisse.

[SWEATMAN *et al.* 97] SWEATMAN A., SIMON M., BLOMBERG S. (1997), *Integrating Design for Environment within an Environmental Management System*, International Conference on Engineering Design, ICED'97 Proceedings, Vol. 3, pp. 619-624, Tampere, Finlande.

[STEINHILPER 95] STEINHILPER R. (1995), *Product recycling and eco-design : challenges, solutions and examples*, International Conference on Clean Electronics, Edimbourg, Royaume-Uni.

T

[TEGSTAM 97] TEGSTAM A. (1997), *Managing eco-design at Electrolux*, 2nd International Conference on Managing eco-design, The Centre for Sustainable Design, Londres, Royaume-Uni.

[TIGER *et al.* 98] TIGER H., MILLET D. (1998), *Conception pour l'environnement : inventer de nouveaux outils et de nouveaux systèmes d'actions*, Conception de produits mécaniques, Chap. 10, pp. 219-244, HERMES, Paris.

V

[Van HEMEL 95] Van HEMEL C. (1995), The IC Ecodesign-project 1995 ; results and lessons from a Dutch initiative to implement ecodesign in 95 small and medium-sized companies in 1995, Delft University of Technology Technical Report, Delft, Pays-Bas.

[Van HEMEL 98] Van HEMEL C. (1998), EcoDesign empirically explored - Design for Environement in Dutch small and medium sized enterprises, Thèse, Delft University of Technology, Delft, Pays-Bas, 271 p.

[Van NES *et al.* 97] Van NES N., CRAMER J. (1997), *Eco-Efficiency Assessment for Strategic Product Planning*, 2nd International Conference "Towards sustainable product design", The Centre for Sustainable Design, Londres, Royaume-Uni.

[VENTERE 95] VENTERE J-P. (1995), La qualité écologique des produits - Des écobilans aux écolabels, AFNOR, Sang de la Terre, Paris.

[VENTERE 97] VENTERE J-P. (1997), *Conception écologique des produits*, Techniques de l'ingénieur, Traité Environnement G1, Paris.

[VEZZOLI 99] VEZZOLI C. (1999), *An overview of life cycle design and information technology tools*, The Journal of Sustainable Product Design, Vol. 9, pp. 27-35.

W

[WBCSD 96] World Business Council for Sustainable Development (1996), Eco-Efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance, Technical Report.

[WBCSD 99] World Business Council for Sustainable Development (1999), Eco-efficiency Indicators : A Tool for Better Desicion-Making, Technical Report.

[WEGST *et al.* 98] WEGST U.G.K. & ASHBY M.F. (1998), *Environmentally Conscious Design and Materials Selection*, 2ème Conférence Internationale PRIMECA IDMME'98 "La Conception et la Fabrication Intégrées en Mécanique", UTC, Compiègne, France.

[WETERINGS *et al.* 92] WETERINGS R.A.P.M., OPSCHOOR J.B. (1992), The ecocapacity as a challenge to technological development, Rapport pour le Advisory Council for Research on Nature and Environment (RMNO), Rijswijk, Pays-Bas.

[WILLIAMS 96] WILLIAMS J. (1996), The REDI Benchmarking Tool, The Centre for Sustainable Design Technical Report, Farnham, Royaume-Uni.

Z

[ZAÏDI 90] ZAÏDI A. (1990), QFD - une introduction, Technique et Documentation - Lavoisier, Paris.

ABREVIATIONS

SIGLES FRANÇAIS UTILISES DANS CE MEMOIRE

AV	Analyse de la Valeur
ACV	Analyse de Cycle de Vie
AFAV	Association Française pour l'Analyse de la Valeur
AFNOR	Association Française de Normalisation
ADEME	Agence de l'Environnement de la Maîtrise de l'Energie
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
BCG	Boston Consulting Group
BE	Bureau d'Etude
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CdCF	Cahier des Charges Fonctionnel
CE	Contenu Energétique
CEE	Communauté Economique Européenne
CPR	Conception Pour le Recyclage
DAO	Dessin Assisté par Ordinateur
ESQCV	Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie
FIEEC	Fédération (française) des Industries de l'Electricité, de l'Electronique et de la Communication
GCV	Gestion du Cycle de Vie
MI	Marketing (Service Marketing, Philips Eclairage)
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
PBB	Polybromobiphényle
PBDE	Polybromodiphénylether
PCB	Polychlorobiphényle
PEEFV	Produits Electriques et Electroniques en Fin de Vie
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
SME	Système de Management de l'Environnement
UE	Union Européenne
VHU	Véhicule Hors d'Usage

SIGLES ANGLO-SAXONS OU AUTRES UTILISES DANS CE MEMOIRE

ALCA	Alternative ou Abridged Life Cycle Analysis
AMETIDE	A MEthod for TIme Disassembly Estimation
APME	Association of Plastics Manufacturers in Europe (Belgique)
ARMO	Asset Recycling Management Organization (Xerox)
ASME	American Society of Mechanical Engineers (Etats-Unis)
AsTROiD	Assessment Tool for Recycling Oriented Design
BU	Business Unit
CARE	Comprehensive Approach for the Recycling of Electronics Innovation
CCP	Competence Centre Plastics (Philips)
CEEO	Corporate Environmental and Energy Office (Philips)
CFSD	Centre for Sustainable Design (Royaume-Uni)
CFT	Centre for Manufacturing Technology (Philips)
CML	Centre Milieukunde Leiden (Pays-Bas)
DEEDS	DEsign for Environment Decision Support (Royaume-Uni)
DEMROP	Design and Evaluation Method for the Recyclability of Electromechanical Products
DFD	Design For Disassembly
DFE	Design For (the) Environment
DFEE	Design for Environment in Electronics (Finlande)
DFR	Design For Recycling
DFX	Design For "X" où X : Disassembly, Energy Efficiency, Environment, Manufacturing, Quality, Recovery, Recycling, Safety, Serviceability, …
EACEM	European Association of Consumer Electronics Manufacturers
ECD	Environmentally Conscious Design
ECDM	Environmentally Conscious Design and Manufacturing
ECECP	Engineering Center for Environemental Conscious Products (IBM)
ECTEL	European Telecom Equipment and Electronics Industry Association
EDIP	Environmental Design of Industrial Products (Danemark)
EE	Eco-Estimator
EECA	Energy Efficiency Conservation Authority
E-FMEA	Environmental Failure Mode and Effect Analysis
EHS	Environment, Health and Safety
EIFA	Environmental Impact and Factor Analysis
EIME	Environmental Information and Management Explorer
ELDA	End-of-Life Design Advisor
EOD	Environmental Objective Deployment
EPA	Environmental Protection Agency (Etats-Unis)
EPD	Eco-Product Development
EPP	Environmental Product Policy
EPR	Extended Producer Responsibility
EPS	Environmental Priority Strategy
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule (Zürich, Suisse)

EUROBIT	European Association of Manufacturers of Business Machines and Information Technology
FCA	Full Cost Accounting
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
ICED	International Conference on Engineering Design
ICER	Industry Council for Electronic equipment Recycling (Royaume-Uni)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Etats-Unis)
IPD	IBM Processus Development (IBM)
IPP	Integrated Product Policy
ISO	International Standards Organization
LASeR	Life-cycle Assembly Serviceability and Recycling Prototype Program
LCA	Life Cycle Assessment ou Life Cycle Analysis
LCC	Life Cycle Costing
LCD	Life Cycle Design
LiDS	Life cycle Design Strategies
MET	Materials - Energy -Toxicity
MIPS	Material Intensity Per unit of Service
MIT	Massachussets Institute of Technology (Etats-Unis)
MPDL	Machine and Product Documentation Lighting (Service Documentation, Philips Eclairage)
ORGALIME	Liaison Group of the European Mechanical, Electrical, Electronic and Metalworking Industries
OTA	Office of Technology Assessment (Etats-Unis)
P2-EDGE	Pollution Prevention Environmental Design Guide for Engineers
PCD	Philips Corporate Design (Philips)
PCP	Product Creation Process (Philips)
PEP	Product Environmental Profile (IBM)
POEMS	Product-Oriented Environmental Management System
PWMI	Plastics Waste Management Institute (Belgique)
QDL	Quality Department Lighting (Service Qualité, Philips Eclairage)
QEFD	Quality and Environment Function Deployment
QFD	Quality Function Deployment
REDI	Regional Eco-Efficiency Demonstrator Initiative (Royaume-Uni)
RMIT	Royal Melbourne Institute of Technology (Australie)
TCA	Total Cost Accounting
TOPROCO	Total Product Life Cycle Cost Estimation
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SME	Small and Medium Entreprises
STRETCH	Selection of sTRategic EnvironmenTal Challenges
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (Allemagne)
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development (Suisse)

GLOSSAIRE

Les définitions qui suivent sont en particulier issues des ouvrages suivants :

- ***L'Ecobilan*** de Antoine BLOUET & Emmanuelle RIVOIRE, Editions Dunod [BLOUET *et al.* 95].
- ***Le Guide Rhône-Alpes des Déchets 1999*** du cabinet d'ingénieurs conseil CSD AZUR pour l'ADEME et la Région Rhône-Alpes.

Critère de conception

Critère relatif à la conception d'un produit : nombre de composants, nombre de matériaux, nombre de vis, taux de recyclabilité, temps d'assemblage, temps de désassemblage, ... Dans un processus d'éco-conception, on parlera de **critère de conception environnemental**. Ce peut aussi être désigné comme un indicateur.

Critère "écologique" ou **environnemental**

Critère couramment utilisé dans le cadre des analyses de cycle de vie : effet de serre, destruction de la couche d'ozone, acidification atmosphérique, smog d'été (Composés Organiques Volatils ou COV), smog d'hiver (poussières et particules), eutrophisation des eaux, ... On désigne ce critère par le terme d'**impact environnemental** dans l'ACV ou **indicateur environnemental** *(dans le cadre notamment d'une politique environnementale d'entreprise focalisée sur tel ou tel indicateur)*.

Déchet

D'après la loi du 15 juillet 1975, "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon".

Déchet ultime

D'après la loi du 13 juillet 1992, est un résidu ultime "un déchet résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est pas susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux".

Développement Durable
Développement qui correspond à une forme de progrès répondant aux besoins du présent sans compromettre l'aptitude des générations futures à répondre aux leurs.

Eco-conception
Intégration de la protection de l'environnement dès la conception des produits et des procédés industriels. L'objet d'une telle démarche est la réduction des impacts d'un produit sur l'environnement tout au long de son cycle de vie depuis l'extraction de ses matériaux constitutifs jusqu'à son élimination en fin de vie. Le concept de base est le modèle du cycle de vie où tous les entrants (matériaux et énergie) et sortants (émissions polluantes et déchets) des processus utilisés en phases de fabrication, distribution, utilisation et élimination, sont identifiés et pris en compte dès la conception du produit.

Ecolabel
Système de certification des produits ayant une moindre incidence sur l'environnement par rapport à d'autres produits remplissant les mêmes fonctions.

Elimination
Ce terme recouvre l'ensemble des opérations de collecte, transport, traitement et/ou mise en décharge de déchets.

Facteur d'impact
Consommations entrant (entrées ou inputs) et rejets sortant (sorties ou outputs) du système étudié.

Flux
Entrées et sorties d'un système.

Impact
Effets d'un flux sur l'environnement.

Indicateur environnemental
Instrument de mesure permettant d'évaluer la performance environnementale d'un produit en donnant des indications utiles au suivi, au contrôle et ce dans un objectif d'amélioration. On pourra trouver comme indicateur la consommation énergétique, la contribution à la destruction de la couche d'ozone, à l'effet de serre ou le taux de recyclabilité, le temps de désassemblage, …

Inventaire
Bilan quantitatif des flux entrant et sortant d'un système défini (deuxième étape de l'ACV).

Management environnemental
Ensemble des activités de management qui déterminent la politique environnementale, les objectifs et les responsabilités et qui la mettent en œuvre par des moyens tels que la planification des objectifs environnementaux, la mesure des résultats et la maîtrise des effets sur l'environnement.

Profil environnemental
Ensemble des effets sur l'environnement d'un produit ou d'une filière de production.

Récupération
Elle se situe en amont de la valorisation. Opération qui permet de sortir un déchet de son circuit traditionnel de collecte et de traitement. La récupération suppose une collecte séparée ou un tri, un démontage, une démolition, puis la séparation et le conditionnement de certains déchets en vue d'une valorisation.

Recyclabilité
Terme désignant une notion potentielle. La recyclabilité d'un produit, d'un composant, …, évalue sa capacité à être valorisable (valorisation possible).

Recyclage
Réintroduction effective d'un déchet dans un cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge (recyclage des matériaux).
Le recyclage peut intervenir dans le même cycle de production que le produit d'origine (cas du verre ou des métaux) - ***recyclage en boucle fermée*** - ou dans un cycle différent, pour une production généralement moins noble (cas notamment du recyclage des plastiques à plus bas niveau de propriétés) - ***recyclage en boucle ouverte*** -.

Réemploi
Nouvel emploi du déchet pour un usage analogue à celui de sa première utilisation (réemploi de certains composants de produits électriques ou électroniques, …).

Réutilisation
Utilisation d'un matériau récupéré pour un usage différent de son premier emploi, ou introduction de ce matériau dans un autre cycle de production que celui dont il est issu.

Système
Ensemble des opérations qui concourent à remplir la fonction étudiée. Le système peut être subdivisé en plusieurs sous-systèmes. Il peut comprendre tout ou partie des étapes qui vont de la production de matières premières jusqu'à l'élimination finale du produit.

Traitement

C'est l'ensemble des opérations qui transforment un déchet : compostage, tri, valorisation, incinération, traitement physico-chimique, …, en vue soit d'obtenir une matière première secondaire, soit de diminuer la toxicité initiale du déchet.

Valorisation matière

Terme générique recouvrant le réemploi, la réutilisation, le recyclage, la régénération des déchets. *Réemploi et réutilisation ne sont néanmoins pas toujours désignés comme des valorisations matière*.

Valorisation énergétique

Consiste à utiliser les calories contenues dans un déchet en les brûlant et en récupérant l'énergie ainsi produite sous forme de chaleur ou d'électricité. La valorisation énergétique peut être réalisée en usine d'incinération, en cimenterie, …

ANNEXES

SOMMAIRE

ANNEXE 1 : GUIDE D'ENTRETIEN DE L'ÉTUDE EXPLORATOIRE 346

ANNEXE 2 : COMPTE-RENDU DE L'ENQUÊTE 362

ANNEXE 3 : LA RÉGLEMENTATION SUR LES PRODUITS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES USAGÉS EN EUROPE 390

ANNEXE 4 : DEVENIR DES LOGICIELS D'ÉCO-CONCEPTION IDENTIFIÉS 396

ANNEXE 5 : PRÉSENTATION DU LOGICIEL ECOSCAN 399

ANNEXE 6 : POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE DE PHILIPS 405

ANNEXE 7 : PROGRAMME ECO-VISION DE PHILIPS 1998-2002 406

ANNEXE 8 : ETUDE DE BENCHMARKING ENVIRONNEMENTAL 407

ANNEXE 9 : GUIDELINES CONCEPTEUR : EXTRAITS DES RÈGLES GÉNÉRALES DE DÉVELOPPEMENT INTÉGRANT LE PARAMÈTRE ENVIRONNEMENT..... 409

ANNEXE 10 : EXEMPLE DE CHECK-LIST D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 422

ANNEXE 1 : GUIDE D'ENTRETIEN DE L'ETUDE EXPLORATOIRE

La conception des produits

et

l'intégration du paramètre Environnement

I. Carte d'identité de l'entreprise

- **Personne rencontrée:** **Date :**
- **Fonction :**
- **Nom de l'entreprise:**
- **Adresse :**
- **Secteur d'activité :** **Effectif :** **Date de création :**
- **Faites-vous partie d'un groupe ? Lequel ?**

- Chiffre d'affaires moyen sur 3 ans :
- Rang sur le marché pour l'activité principale :
- Est-ce que vos sites sont des "installations classées" ? Sont-ils soumis à déclaration ou autorisation ?

.....

- Etes-vous certifiés en Qualité?

.....

- Avez-vous reçu des prix ou distinctions en environnement ?

.....

II. Activités de l'entreprise

1. Types de produits fabriqués :

.....

.....

2. Nombre de produits différents (Existe-t-il plusieurs gammes de produits ?) Lesquel(le)s ?

.....

3. Durée de vie d'usage des produits (en moyenne) :

.....

4. Durée de vie commerciale (en moyenne) :

.....

5. Commercialisez-vous vous-même vos produits ?

.....

III. Entreprise et Environnement

III.1 Politique générale en matière d'environnement

1. Depuis quand vous préoccupez-vous de l'impact de vos activités sur l'environnement ? Est-ce une initiative propre ou exigée ?

.....

2. Quelle est votre approche vis-à-vis de l'environnement ? Traitements "end-of-pipe" des pollutions et nuisances ? Technologies propres ? Ecoproduits ?

.....

.....

3. Pour vous quelles notions recouvre l'expression "développement durable" ?

.....

.....

4. Pourriez-vous préciser le poids de chacun des éléments suivants dans la prise en compte de l'environnement (pressions interne et externes) :
(**0** : nul ; **1** : faible ; **2** : moyen ; **3** : fort)

◊ le secteur d'activité	0 1 2 3
◊ le grand public (associations diverses)	0 1 2 3
◊ les collectivités territoriales (Etat, Région, Département, ...)	0 1 2 3
◊ le groupe	0 1 2 3
◊ les actionnaires	0 1 2 3
◊ la direction de l'entreprise	0 1 2 3
◊ le personnel	0 1 2 3
◊ les clients	0 1 2 3
◊ la banque	0 1 2 3
◊ les assurances	0 1 2 3
◊ la législation	0 1 2 3
◊ le risque économique (perte de parts de marché)	0 1 2 3
◊ l'image de marque	0 1 2 3
◊ autre(s) (à préciser)	0 1 2 3

5. Comment est organisée la gestion de l'environnement dans votre entreprise ? Avez-vous :

◊ un responsable environnement ?
- ✔ Mission ?
- ✔ Budget ?
- ✔ Place dans l'organigramme ? Est-il indépendant ?

◊ un département ou service environnement ?
- ✔ Taille ?
- ✔ Mission ?

◊ un comité d'environnement ?
- ✔ Taille ?
- ✔ Mission ?

◊ un comité technique d'environnement ?
- ✔ Taille ?
- ✔ Mission ?

◊ une intégration de l'environnement laissée à l'initiative des services ou départements ?

.....
.....

6. La qualité est déjà bien implantée dans les entreprises. Pensez-vous que l'environnement doive être une démarche spécifique ou intégrée à la qualité, à la sécurité, ... ?

.....

7. Avez-vous un tableau de bord environnemental (surveillance d'un certain nombre d'indicateurs environnementaux) ?

.....

8. Comment s'effectue la sensibilisation du personnel à l'environnement ?

.....

9. Quels sont les moyens de communiquer dans ce domaine ?

.....

10. Avez-vous des objectifs environnementaux à court, moyen ou long terme ?

.....

11. Envisagez-vous une certification ISO 14001, par exemple ? Pourquoi ?

.....

12. Bénéficiez-vous d'aides à l'investissement dans l'environnement, en particulier en matière de technologies propres et d'écoproduits ? Quels types d'aides ?

.....

- ***Marché***

1. Intégrez-vous l'environnement dans vos actions de commercialisation ?

.....

2. Quels types de clients avez-vous ?

.....

- Quels rapports entretenez-vous avec eux ?

.....

- Subissez-vous des pressions ? Quelles sont par exemple leurs exigences en matière d'environnement ? Comment ont-elles évolué ces dernières années ?

Selon les pays clients, quelles sont les pressions environnementales relatives de chacun sur une échelle de 0 à 3 ?

.....
.....
.....
.....

3. Quels sont vos concurrents principaux ?

.....

- Entretenez-vous exclusivement des rapports de concurrence ou coopérez-vous parfois ? De quelle manière ?

.....

- Comment vous situez-vous par rapport à la concurrence en matière d'environnement ?

.....

- Avez-vous déjà communiqué avec vos concurrents sur des problèmes environnementaux ?

.....

Avez-vous ainsi déjà signé des alliances intrasectorielles ou globales ?

.....

Faites-vous partie de chartes intrasectorielles ou globales ?

.....

- Si non, pensez-vous que cela est possible et seriez-vous prêt à le faire ?

.....

- Pour vous, l'environnement est-il un moyen efficace de différencier vos produits sur le marché, de vous démarquer de la concurrence ?

.....

Pensez-vous ainsi que l'environnement conditionne votre position compétitive future ?

.....

- L'environnement est-il pour vous un moteur de l'innovation ?

.....

- ***Réglementation et Normalisation :***

1. Comment prenez-vous en compte la législation environnementale?

.....

2. Comment réagissez-vous vis-à-vis des législations, nationale, européenne et internationale ?

.....

3. Vous tenez-vous informés des évolutions de la législation ? Comment ?

.....

4. Essayez-vous d'aller au-delà des obligations minimales de la législation environnementale ?
Essayez-vous ainsi de prévoir l'évolution des réglementations (comportement proactif plutôt que réactif)? Pourquoi et comment ?

.....
.....
.....

5. Participez-vous à des commissions nationales ou internationales de normalisation ?

.....

6. Que pensez-vous de la manière d'élaborer des normes ?

.....

III.2 Recherche & Développement

III.2.1 <u>Conception des produits</u>

1. Etes-vous concepteur ou assembleur ?

.....

2. Quelle est la taille de votre service Recherche & Développement ?

.....

3. En ce qui concerne la conception d'un nouveau produit, quel type de fonctionnement adoptez-vous ? Fonctionnez-vous "classiquement" (division par métiers) ou par gestion de projets (métissage des métiers) pour un coût objectif?

.....
.....

4. Dans le cas d'un fonctionnement par projet, quelle méthode de travail avez-vous (ingénierie simultanée, analyse de la valeur, ...) ?

.....

.....

5. Quel est le processus de création d'un nouveau produit ?

◊ A partir d'un besoin,

◊ A partir de l'idée d'un nouveau produit,

◊ A partir d'une étude marketing ?

◊ ...

.....

.....

6. Quelles sont les différentes étapes du processus de conception d'un produit ?

.....

.....

.....

◊ Est-ce un processus séquentiel ou concourant ?

.....

◊ Réalisez-vous une analyse fonctionnelle (rédaction d'un cahier des charges fonctionnel) ?

Quels acteurs de l'entreprise y participent ?

.....

.....

◊ Va-t-il jusqu'à l'élaboration d'un prototype ?

.....

7. Quelles sont les contraintes principales (délais, coûts, qualité, sécurité, ...) dans le développement de vos produits ? Que vise votre organisation en priorité ?

.....

.....

8. Utilisez-vous des logiciels de conception type CAO/DAO ? Lesquels ? A quel stade du processus de conception et comment sont-ils utilisés ?

.....

.....

9. Quelle est la durée moyenne de développement d'un nouveau produit ? Quel est le nombre de personnes concernées?

.....

III.2.2 L'Environnement, un nouveau paramètre à intégrer dans la conception ?

1. Que pensez-vous des écolabels ? Avez-vous des produits labellisés ? Ont-ils un intérêt commercial ?

.....

.....

2. Votre entreprise a-t-elle réalisé ou envisagé une étude d'impacts environnementaux d'un ou plusieurs produits ? Quel type d'étude ? Une analyse de cycle de vie ?

.....

.....

- Pour quelle(s) raison(s) avez-vous entrepris ce type d'étude ? Utilisez-vous par exemple, des matériaux dangereux, réglementés dans vos produits ?

.....

- Avez-vous fait appel à une société extérieure ou l'avez-vous réalisée vous même?

.....

- Quelles ont été l'étendue, la méthode, les conclusions et les éventuelles recommandations ?

.....

.....

- Le rapport d'étude a-t-il été diffusé ? Auprès de qui (en interne, en externe) ?

.....

- Quelles ont été les retombées de l'étude : Quelles mesures concrètes ont été prises (modifications des procédés de fabrication, substitution de matériaux à risque, ...) ? Font-elles l'objet de contrôles périodiques attestant de leur exécution ?

.....

.....

.....

- Pensez-vous systématiser ce genre d'étude ? Pour tous les produits ?

.....

- Une telle étude peut-elle être indispensable au bon choix des actions à réaliser en faveur de l'environnement ?

.....

- Pensez-vous que l'Analyse de Cycle de Vie soit une bonne approche pour intégrer l'environnement dans la conception ? Pourquoi ?

……

3. Avez-vous réalisé un inventaire exhaustif des matériaux contenus dans vos produits avec :

◊ leur toxicité

◊ leur écotoxicité

◊ leur conformité à la réglementation ?

……

……

4. Les membres de votre service Recherche & Développement ont-ils conscience de leur responsabilité vis-à-vis de l'environnement ?

……

- Travaillent-ils en collaboration avec le responsable environnement ? Quel type de collaboration ? Participent-ils au comité d'environnement ? De quelle manière ?

……

……

……

- Intégrez-vous ainsi les "risques" et "aspects environnementaux" dès le stade de la conception ?

……

➢ <u>Au sens de *risques* et *aspects environnementaux*</u> :

(Essentiellement au niveau des produits mais aussi des processus de fabrication)

◊ Pollution des trois milieux :

* air
* eau
* sol

◊ Nuisances :

* bruits
* odeurs
* rayonnements …

◊ Consommation des ressources naturelles :

* énergie
  - énergie renouvelable
  - énergie non renouvelable

(Vous intéressez-vous à l'énergie contenue dans vos demi-produits ?)

* matériaux

en phase de **fabrication**, de **transport - distribution**, d'**utilisation**, de **fin de vie**.

◊ Valorisation des produits et matériaux en fin de vie :

* démontage, démantèlement, broyage des produits
* réutilisation, recyclage, valorisation énergétique, valorisation matière des matériaux

- Est-ce une démarche volontaire ou exigée ? Par qui ?

.....

- Avez-vous sinon l'intention de le faire prochainement ? Pourquoi ?

.....

5. Au niveau de vos produits, avez-vous intégré certains principes afin de prendre en compte le paramètre environnemental ? En d'autres termes, avez-vous choisi des axes stratégiques d'écoconception ?

.....

- Quelles sont les axes stratégiques d'écoconception qui vous paraissent les plus pertinents ?

1) Sélection de matériaux les moins impactants
   * moins toxiques (moins dangereux)
   * renouvelables
   * peu énergivores
   * recyclés
   * recyclables

2) Réduction du nombre de matériaux
   * réduction de la masse
   * réduction du volume

3) Optimisation des techniques de production
   * techniques de production alternatives
   * moins d'étapes de production
   * consommation d'énergie minimale
   * moins de production de déchets

4) Optimisation du système de distribution
   * emballages réutilisables, plus propres et moins nombreux ou volumineux

* modes de transport moins énergivores

5) Réduction des impacts des produits en phase d'utilisation
   * moins de consommation énergétique
   * sources d'énergie plus propres et renouvelables
   * moins de besoins en énergie non renouvelable

6) Optimisation de la durée de vie des produits
   * durabilité et fiabilité
   * maintenance et réparations facilitées
   * structure modulaire des produits
   * fort lien produit-consommateur

7) Optimisation de la fin de vie des produits
   * Désassemblage des produits
   * réutilisation des produits
   * refabrication/remise à neuf
   * recyclage des matériaux (facilité par leur marquage)
   * incinération plus sûre

8) Développement d'un nouveau concept : Modification de la "façon de penser"
   * dématérialisation
   * partage de l'utilisation des produits
   * intégration de nouvelles fonctions
   * optimisation fonctionnelle des produits

.....
.....
.....
.....
.....
.....

- A quel niveau du processus de conception les intégrez-vous ?

.....
.....

- Par qui et comment ces principes ou stratégies sont-ils inclus dans le cahier des charges ? Le service environnement a-t-il un rôle à jouer ? A-t-il une simple voix consultative ou un rôle déterminant ?

.....
.....
.....

- Existe-t-il des moyens de pression pour imposer de nouvelles règles ?

.....

- Quels sont les obstacles rencontrés (technique, financier, culturel, ...) ?

.....

- Y a-t-il des compromis à faire? Lesquels ?

.....

6. Utilisez-vous des listes de matériaux à proscrire ou dont il faut limiter l'utilisation ?

.....

7. Existe-t-il des contraintes de fabrication limitant le nombre de possibilités d'intégrer au mieux l'environnement : nécessité de modifier complètement des systèmes de fabrication, entraînant ainsi de gros investissements ou/et des transferts de pollution (problèmes de coût, de pollution), allongement des temps de fabrication (problèmes de délais), ... ?

.....

.....

8. Les investissements dans l'environnement ont-ils une incidence sur le prix de vente de vos produits ? Quels arguments avancez-vous afin de faciliter leur vente ?

.....

.....

9. Avez-vous estimé le gain économique ou d'image potentiel (à plus ou moins long terme) obtenu grâce à la prise en compte de l'environnement dès la conception ?

.....

10. En d'autres termes, l'intégration de la valeur verte dans un produit, est-ce une contrainte (technique, financière, ...) ou une opportunité, une chance ?

.....

11. Vos fournisseurs et co/sous-traitants sont-ils sensibilisés à l'environnement ?

.....

- Exigez-vous d'eux de bonnes performances environnementales ? Quelles règles principales leur imposez-vous ? Que leur suggérez-vous ?

.....

12. Disposez-vous d'un manuel ("guide papier") de conception environnementale ? Si oui, l'utilisez-vous ? Comment ?

.....

.....

- Vous en avez un mais ne l'utilisez pas ou mal, pourquoi ?

.....

- ***Fin de vie des produits***

1. Vous imposez-vous une responsabilité vis-à-vis de vos produits "du berceau à la tombe" ?

.....

2. Vous préoccupez-vous de la fin de vie des produits usagés ?
Si oui, avez-vous organisé la collecte de ces produits et leur traitement ?

.....

3. Y a-t-il des retours d'information, d'expérience de l'aval à l'amont des filières produits ?

.....

- Etes-vous ainsi organisé par filière du concepteur, producteur au recycleur (Projet Accord-Cadre DESGEORGES, 1994) ? Réflexion sur des filières de valorisation des produits en fin de vie ?

.....

- Pensez-vous que ce type de concertation par filière soit indispensable à la résolution des problèmes environnementaux posés par les produits ?

.....

- Quelles sont les conséquences sur la conception ou reconception des produits?

.....

4. Ces produits ont été conçus il y a 5, 10, voire 20 ans. Ils n'ont pour la majorité pas été conçus dans l'objectif de faciliter leur traitement en fin de vie. Pensez-vous que c'est indispensable aujourd'hui ? Pourquoi ?

.....

.....

5. Que pensez-vous de la décision, dans la loi sur les déchets, du 13/07/1992, de limiter la mise en décharge aux seuls déchets ultimes, à compter du 01/07/2002, c'est-à-dire "demain" ?

.....

.....

- ***Prospective***

1. Connaissez-vous des outils permettant l'intégration de la valeur *Environnement* dans la conception? Comment en avez-vous entendu parler ? Lesquels utilisez-vous ?

.....

2. Connaissez-vous l'avant-projet de la nouvelle norme AFNOR NF X 30-310, concernant "*la prise en compte de l'environnement dans la conception et le développement des produits (Principes généraux et application)*" ?

- Que pensez-vous de son contenu ?

.....

- Vous paraît-il suffisamment explicite ?

.....

- Vous donne-t-il des lignes directrices satisfaisantes ?

.....

.....

3. Quel genre d'outil serait pour vous le plus efficace possible pour prendre en compte des critères du type "sélection des matériaux", "prise en compte de la fin de vie", "diminution de l'énergie contenue ou consommée", ...?

.....

- Sous quelle forme doit-il de préférence se présenter (lignes directrices, manuel, logiciel, ...) ?

.....

.....

- A quel niveau du processus de conception faudrait-il l'intégrer ?

.....

4. Quelles sont vos besoins spécifiques ? Vos attentes ?

.....

5. Bien au-delà de l'outil, ne faut-il pas repenser l'organisation des acteurs industriels pour intégrer au mieux cet outil ?

.....

.....

- Ne doit on pas entièrement revoir les méthodologies de travail et les modes de pensée pour réussir le challenge de l'écoconception ?

.....

- Comment procéder, selon vous ?

.....

.....

- ***Information***

1. Suivez-vous régulièrement l'avancée des technologies en matière d'environnement ?

.....

2. Que pensez-vous de l'information ou des conseils extérieurs disponibles pour vous aider à prendre en compte le paramètre environnement dès le stade de la conception ?

.....

3. Quelles sont vos attentes ?

.....

4. Etes-vous abonnés à des magazines, journaux spécialisés en environnement et plus particulièrement en écoconception (*Journal of Industrial Ecology* (USA), *Journal of Sustainable Product Design* (UK), ...) ?

.....

5. Etes-vous reliés à des réseaux de connaissances type Internet, réseau interne (Intranet), bases de données, ... ?

.....

- Si oui, utilisez-vous ces moyens d'information régulièrement ? Comment ?

.....

- Y trouvez-vous les informations recherchées ?

.....

6. Participez-vous à des réunions d'information, des conférences, workshops, spécifiques au concept d'écoconception ? En France ? A l'étranger ?

.....

- De quels types de manifestations s'agit-il ?
- Par qui sont-elles organisées ?
- Comment en êtes-vous informés ?
- Les jugez-vous utiles ?
- Pensez-vous qu'il faudrait les multiplier ?

.....
.....
.....
.....

7. Faites-vous partie d'un syndicat professionnel ? Lequel ? Vous fournit-il des informations en matière d'écoconception ?

.....

8. Etes-vous associés avec d'autres entreprises du même syndicat ou vos concurrents afin de partager des savoir-faire en écoconception ?

.....

9. Comment les concepteurs sont-ils sensibilisés à l'environnement ?

- Reçoivent-ils une formation particulière ou sont-ils assistés d'experts en environnement ?

.....

- Dans le cas d'experts, sont-ils internes ou externes à l'entreprise ?

.....

10. Connaissez-vous les groupes de travail type "cercles d'environnement" ?

.....

11. Pour vous, quelle structure organisationnelle paraît la plus adaptée pour véhiculer au mieux les informations nécessaires parmi tous les membres du personnel impliqués dans un projet de conception ?

.....
.....

ANNEXE 2 : COMPTE-RENDU DE L'ENQUETE

LES ENTREPRISES ET L'ECO-CONCEPTION : COMPORTEMENTS DANS LE DOMAINE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE

- Enquête réalisée du 07 août 1997 au 19 décembre 1997 -

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 364

1.1. LES ENTREPRISES VISITÉES 364

1.2. LES PRINCIPAUX FACTEURS DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS LA CONCEPTION DES PRODUITS 366

2. INTÉGRATION DU PARAMÈTRE ENVIRONNEMENTAL DANS LA DÉMARCHE DE CONCEPTION : ORGANISATION 370

2.1. POSITIONNEMENT ET RÔLE DU PERSONNEL À L'INTERFACE ENVIRONNEMENT-PRODUITS 370

2.2. INFORMATION ET FORMATION DES CONCEPTEURS 372

2.3. IMPLICATION DES FOURNISSEURS ET RECYCLEURS : APPROCHE PAR FILIÈRE .. 373

2.3.1. Les fournisseurs 373

2.3.2. Les recycleurs 374

2.4. NIVEAU DE PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION 375

2.5. PROSPECTIVE : TYPE D'ORGANISATION DU TRAVAIL 379

3. INTÉGRATION DU PARAMÈTRE ENVIRONNEMENTAL DANS LA DÉMARCHE DE CONCEPTION : MOYENS 380

3.1. ETUDES ENVIRONNEMENTALES ORIENTÉES PRODUITS 380

3.2. PRÉOCCUPATION DE LA FIN DE VIE DES PRODUITS 381

3.3. STRATÉGIES D'ÉCO-CONCEPTION 383

3.4. OUTILS CONNUS ET UTILISÉS 385
3.5. PROSPECTIVE : TYPES D'OUTILS NÉCESSAIRES DANS UNE DÉMARCHE D'ÉCO-CONCEPTION..... 388

1. INTRODUCTION

1.1. Les entreprises visitées

Domaine d'activité	Entreprises	Groupe	Produits	Personne(s) rencontrée(s)
ELECTRICITE	LEGRAND (*Bagnolet, 93*)	LEGRAND (F)	**Appareillage électrique d'installation BT :** • Tableaux de distribution • Disjoncteurs • Prises de courant • Interrupteurs • Transformateurs BT ...	Responsable Environnement Produits
ELECTRO-MECANIQUE	ABB Industrie (*Champagne-sur-Seine, 77*)	ABB	**Machines électriques tournantes :** • Asynchrones • Synchrones	Responsable Environnement Site
	JEUMONT SCHNEIDER (*Lyon, 69*)	SCHNEIDER (F)	**Transformateurs de puissance**	Directeur Technique
ELECTRONIQUE	COMPAGNIE FRANÇAISE PHILIPS (*Suresnes, 92*)	PHILIPS (NL)	• Télévisions • Magnétoscopes • Caméscopes • Rasoirs électriques • Baladeurs • Téléphones • Matériel médical • Matériel d'éclairage ...	Directeur Technique et Directeur Développement Qualité
	TEXAS INSTRUMENTS (*Villeneuve-Loubet, 06*)	TEXAS INSTRUMENTS (USA)	• Semi-conducteurs • DSP Services • Calculatrices • Jeux	Directeur des services techniques France Responsable FESH (*Facility Environmental, Security and Health*)
	THOMSON Multimédia (*Angers, 49*)	THOMSON S.A (F)	• Télévisions • Audio • Vidéo (magnétoscopes) • Communications	Green TV Manager

.../...

Domaine d'activité	Entreprises	Groupe	Produits	Personne(s) rencontrée(s)
INFORMATIQUE	IBM (*La Gaude, 06*)	IBM (USA)	Sur le site de La Gaude : **Network Hardware Division** : • Produits de réseaux locaux • Produits de grands réseaux	Leadership Creator et Ingénieur Bureau d'étude (développement mécanique)
	DIGITAL (*Annecy-le-Vieux, 74*)	DIGITAL (USA)	• Produits "Desktop" : du PC à la station de travail • Serveurs • Mobiles + accessoires de réseaux	Consultant Environnement – Corporate Product Stewardship
	HEWLETT PACKARD (*Eybens, 38*)	HP (USA)	• PC bas, milieu et haut de gamme • Imprimantes • Appareillage de mesure de laboratoire • Appareillage médical	Corporate Product Stewardship (division PC)
ELECTRO-MENAGER	BRANDT (*Rueil-Malmaison, 92*)	BRANDT (I)	• Lave-linge, lave-vaisselle, sèche-linge • Four, four à micro-ondes • Cuisinière, table de cuisson • Réfrigérateur, congélateur	Directeur des Relations Techniques, chargé des questions d'Environnement

Liste des entreprises enquêtées

Toutes les entreprises ont une démarche de conception par gestion de projets («*Le problème choisit l'équipe* », T.I.) et utilisent les méthodes d'analyse de la valeur (IBM, ...) ou conception pour un coût objectif (ABB Industrie) ou encore ingénierie simultanée (cas du process de conception de produit chez PHILIPS : PCP = Product Creation Process).

Le processus de création d'un produit peut débuter de plusieurs manières possibles :

- à partir d'une étude de marché permettant d'identifier les besoins de la clientèle, les activités de la concurrence, les délais de production, le prix de vente, afin d'élaborer le produit "adéquat" à partir des spécifications identifiées.

- à partir de l'idée d'un nouveau produit, suivie d'une étude de marché permettant de constater si le projet est viable.

A l'instar de DIGITAL, les différentes phases du processus de développement d'un produit, pour la plupart des entreprises, sont les suivantes :

* description marketing
* spécification technique
* développement
* réalisation d'un prototype et validation
* préparation du produit dans sa version finale.

Les logiciels de conception utilisés par les entreprises sont très divers et bien ciblés sur les diverses activités : EUCLID (LEGRAND) utilisé pour les produits et les outils, AUTOCAD (ABB Industrie), Pro-Engineer (JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs), sans compter les logiciels spécialisés dans le domaine de l'acoustique, de la vibration (BRANDT), et bien davantage encore tel que CATIA (développé par la société DASSAULT), ...

1.2. Les principaux facteurs de la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits

D'une manière générale, on se rend compte que les entreprises des domaines électriques et électroniques sont en avance dans la réflexion environnementale par rapport à leurs produits et ce pour plusieurs raisons :

◊ le volume et la masse importants de produits en fin de vie ; il est en effet urgent de trouver des solutions pour améliorer leur valorisation et éviter d'abusives mises en décharge puisqu' en 2002, seuls les déchets ultimes ne seront acceptés dans les centres d'enfouissement.

◊ la complexité même des produits.

D'après le Responsable Environnement Produits d'HP (division PC), c'est un secteur de prédilection pour les gouvernements et les organismes réglementaires. Les produits sont des produits phares vendus en grande quantité et constituant des cas-tests idéaux.

Les facteurs influençant la prise en compte de l'environnement dans le fonctionnement de l'entreprise et particulièrement la conception de produits (pressions internes et externes) peuvent varier cependant entre les groupes d'entreprises : électricité/électromécanique, électronique, informatique, électroménager.

✔ Pour la plupart des entreprises visitées **la législation** est un fort "driver", principalement pour la prise en compte générale de l'environnement (approche site) ; pour ce qui concerne l'approche produit, le "Green TV Manager" de THOMSON Multimédia tient toutefois à souligner qu'elle est encore faible, particulièrement en France : « elle ne fait qu'entériner une situation ».
Cet avis est renforcé par les propos du Directeur Technique de PHILIPS France, pour qui il reste beaucoup à faire au niveau européen en matière de réglementation des matériaux (seuls les CFC et HCFC ont fait l'objet de travaux internationaux ; que dire pour le mercure, le plomb, le cadmium, ... ?).
La France fait de plus partie des pays qui accusent un énorme retard dans l'intégration des directives européennes dans leur réglementation nationale.

Dans l'ensemble toutes les entreprises rencontrées, sauf JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs et ABB Industrie, sont représentées dans des commissions nationales ou internationales de normalisation :
- générales : AFNOR, CEN, ISO
- spécifiques : ECMA- European base to Computer Manufacturer Association- (DIGITAL), CEMATEC- Groupement International des fabricants de semi-conducteurs- (T.I.),

et des commissions de réglementation en matière d'environnement. Elle peuvent ainsi faire une veille réglementaire active, anticiper grandement les directives (comportement proactif) et essayer de rendre les textes censés et compatibles avec le milieu industriel.

L'anticipation à deux ou trois ans sur les textes de loi permet d'intégrer progressivement de nouvelles caractéristiques environnementales dans les produits en évitant de lourds investissements et une répercussion fâcheuse sur le prix de vente des produits (PHILIPS, H.P., ...).

En ce qui concerne la vente des produits à l'étranger certaines entreprises prennent en compte les législations les plus fortes (IBM), d'autres adaptent leurs produits à chacune des réglementations des pays - clients (PHILIPS, LEGRAND) afin d'éviter d'éventuelles distorsions de concurrence et enfin certaines adoptent leurs propres standards : DIGITAL ou TEXAS INSTRUMENTS qui disposent, par exemple, de standards internes (Corporate Policies) souvent plus drastiques que les réglementations nationales. Ces standards sont en fait basés sur la pondération des lois les plus contraignantes.

✔ **La pression des clients** diverge :

- **Selon leur type** : des industriels -grands comptes (grandes entreprises du type France Telecom, EDF, ...) -, des grossistes, des distributeurs, des associations ou gouvernements, le grand public.
  Les industriels ou les instances du gouvernement sont davantage sensibles à la prise en compte de l'environnement dans les produits. Ils peuvent exiger telle ou telle caractéristique dans le produit, un label particulier (exemple : le label Energy Star (moindre consommation d'énergie pendant le fonctionnement) pour les PC, par les agents du gouvernement américain), un contrat de reprise (échange du produit usagé contre un produit neuf), ...
  Les grossistes ou distributeurs n'ont pas encore de fortes exigences en terme d'environnement. Pour l'instant priment coût, qualité et performance.
  Dans le domaine de l'électroménager par exemple (BRANDT), la concurrence est plutôt féroce et les distributeurs ont de plus en plus souvent de demandes sur les performances énergétiques (moindre consommation) et les prix de vente.

- **Selon leurs origines** : les clients d'Europe du Nord, de Suisse, d'Allemagne sont toujours plus exigeants en matière d'environnement que ceux d'Europe du Sud. C'est une différence de culture, de sensibilité. Les exigences portent en particulier sur la toxicité des matériaux, les ondes électromagnétiques, ...

  Les clients français les plus sensibles sont les entreprises de télécommunications.

  Ces exigences vont se traduire par des questionnaires à remplir, par des critères précis à intégrer dans le cahier des charges du produit, ... Pour certains marchés comme en Suisse, en Suède ou en Autriche, le critère environnemental est même rédhibitoire : un dossier environnemental doit être joint à toute proposition (cas de DIGITAL).

  Certains clients (les grands comptes) vont jusqu'à certifier l'entreprise au niveau Environnement : c'est le cas de BRITISH TELECOM, client de DIGITAL.

  Il arrive même parfois que l'entreprise refuse de vendre ses produits dans un pays lorsque les pressions sont trop fortes : DIGITAL a ainsi refusé de vendre des moniteurs en Suède pour cause de normes drastiques de radiations sur les écrans (seuls les écrans suédois NOKIA) pouvaient les respecter !)

- **Selon le domaine concerné et le type de produits fabriqués** : Dans le cas de produits électriques fabriqués par ABB Industrie (machines électriques tournantes), JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs (transformateurs électriques) ou encore LEGRAND (appareillage électrique d'installation BT), les exigences

environnementales des clients sont encore bien faibles par rapport aux exigences dans le domaine électronique. En effet les principales exigences s'expriment en terme de **sécurité**, de **performance**, de **qualité**, de **coût** et de **facilité de maintenance**.
Pour BRANDT, les exigences concernent surtout les performances énergétiques des appareils, ce qui rejoint en quelque sorte les exigences environnementales : moindre consommation d'énergie en phase d'utilisation.

Dans le cas de LEGRAND cependant, des entreprises de BTP commencent depuis peu (Programme récent) à interroger la société à propos des qualités environnementales de ses produits et ce dans le cadre de chantiers HQE (Haute Qualité Environnement) exigeant le respect d'un certain nombre de normes Qualité & Environnement.

Pour ce qui concerne les produits électronique ou informatique les pressions sont plus fortes et ce notamment au niveau des emballages (cas de PHILIPS subissant des pressions de la part des distributeurs).

✔ **La motivation du groupe et de la direction d'entreprise est très importante dans l'adoption d'une approche d'éco-conception.**
Pour la plupart des entreprises on peut remarquer que la prise en compte de l'environnement est volontaire dans le but d'économiser matière et énergie, et de limiter les pollutions, les déchets.
L'environnement est considéré comme une opportunité et sans aucun doute un **moteur d'innovation**
Pour certains il s'agit d'un moyen actuel (DIGITAL) ou à venir (PHILIPS, BRANDT) de différencier ses produits de la concurrence pour la devancer. Il pourra probablement assurer une position compétitive future à l'entreprise.

Pour d'autres en revanche (THOMSON Multimédia), il s'agit surtout de ne pas perdre de marchés. Ce n'est pas une stratégie pour devancer la concurrence ; un produit peut en effet davantage respecter l'environnement que ses concurrents mais être inadapté au marché donc invendable, de même s'il est le seul écologiquement néfaste.

Dans le cas de ABB Industrie, sur le site visité (PME), on a pu constater que la direction avait nommé récemment (début 1997) un responsable environnement exigé par le groupe ABB pour tous ses sites ; cependant la direction n'est pas motivée par l'environnement qu'elle considère davantage comme une menace et une source de dépense supplémentaire. Ce nouveau responsable se doit donc de motiver le personnel ET la direction pour prouver à tous qu'il est fort possible de faire des économies. Le site n'a pour l'instant adopté qu'une approche site (gestion des nuisances) en vue d'une prochaine certification ISO 14001 mais le responsable

environnement se montre tout à fait prêt à adopter une approche produit dès qu'il le pourra.
Cette expérience permet de montrer que certains groupes industriels communiquent beaucoup dans le monde sur la prise en compte de l'environnement dans l'ensemble de leurs activités alors que plusieurs sites de fabrication (en France, par exemple) commencent à peine la gestion de leurs déchets …

La situation de JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs (PME du groupe SCHNEIDER) est presque similaire : site de production certifié ISO 14001 (Mars 1997) n'ayant pas encore adopté la démarche d'éco-conception. Le service environnement est en attente des informations pouvant provenir du groupe et de la profession par l'intermédiaire de discussions au sein des syndicats.

✔ **Une bonne image de marque** de l'entreprise est l'une des raisons pour lesquelles l'environnement est pris en compte dans la conception des produits. C'est principalement le cas pour les domaines électronique (PHILIPS, T.I.) et informatique (DIGITAL, H.P., IBM), mais pas encore pour les entreprises du domaine électrique, la performance et la qualité primant aujourd'hui sur la préservation de l'environnement dans les besoins de la clientèle.

✔ **Le risque économique** ou **perte de parts de marché** est à ce jour relativement faible pour la plupart des entreprises, le risque étant toutefois plus grand dans les pays du Nord, la Suisse ou l'Allemagne (cas des marchés de DIGITAL, de THOMSON Multimédia, de T.I. et de BRANDT).

2. INTEGRATION DU PARAMETRE ENVIRONNEMENTAL DANS LA DEMARCHE DE CONCEPTION : ORGANISATION

2.1. Positionnement et rôle du personnel à l'interface Environnement-Produits

De plus en plus de grandes entreprises disposent de Responsables "Product Stewardship" ou "Accompagnement Produits" ayant une position mondiale et spécialisés par secteur d'activité.
Ils interviennent sur tout ce qui concerne les produits : la qualité, les performances, les coûts et … l'environnement.

En matière d'environnement, ils ont un rôle indépendant des Responsables Environnement EHS (Environment, Health & Security) des groupes, spécialisés sites et processus.

Dans le cas d'H.P., la structure est encore complétée par des responsables "Fin de vie des produits" (EOL : End Of Life) spécialisés par activité et du personnel chargé de suivre la réglementation et de recueillir les besoins de la clientèle en terme d'environnement. Ces derniers sont spécialisés par pays.

Chez PHILIPS, il existe des "Environmental Coordinators" (EC) en charge de l'intégration opérationnelle de l'environnement dans les activités.
Ils jouent le rôle d'experts en fournissant leur savoir-faire à l'organisation. Ils stimulent en particulier la coopération environnementale des personnels impliqués, l'échange d'informations et le maintien de la capitalisation des expériences en environnement (la plupart de ces experts sont localisés aux Pays-Bas).
Ils sont aidés dans leur tâche par le "Management Representative" responsable du SME (Système de Management Environnemental) de PHILIPS.
Les EC sont très impliqués dans la démarche d'éco-conception ou intégration de l'environnement dans le PCP (Product Creation Process). Ils sont secondés soit par les "Product Managers" responsables du "Product Stewardship", soit par des concepteurs "seniors". Dans le premier cas, les considérations environnementales sont plutôt basées sur des études de marché, alors que dans le second cas elles sont basées sur les avancées technologiques.

- **Experts "Environnement Produits" internes ou externes**

Dans des entreprises comme THOMSON Multimédia, un Responsable Environnement (Green TV Manager) est intégré dans le service R&D ; il est en charge de la stratégie Environnement et définit les règles à appliquer. Il se positionne donc en tant qu'expert en environnement chargé d'aider les concepteurs dans la prise en compte de ce nouveau paramètre. Son activité se situe au niveau européen ; elle couvre en effet l'ensemble des modèles européens de THOMSON Multimédia.

De même, DIGITAL dispose d'"Integration Managers" ou experts internes aux équipes de conception ; l'expert est nommé pour une activité particulière et couvre tout le marché européen, voire mondial.

IBM a créé un ECECP : Engineering Center for Environmental Conscious Products (Raleigh, USA) : c'est un centre de compétence jouant un rôle d'assistance ; il regroupe des ingénieurs pro-matériaux et pro-processus formés pour assister en permanence les équipes de développement de produits pour des problèmes complexes. Il existe également des experts internes aux équipes de conception, des Coordinateurs

Environnement Produits, responsables d'étude. Sur le site de production de Manchester, par exemple, trois ingénieurs sont chargés entièrement de conseil en "Environnement" dans les différentes phases de l'IPD (IBM Processus Development).

Chez BRANDT en revanche, aucun expert en tant que tel n'est nommé. Un seul ingénieur pour le groupe suit les problèmes environnementaux liés aux produits et sensibilise le personnel. Les concepteurs doivent respecter les consignes environnementales apposées dans les cahiers des charges et conformes aux exigences de la clientèle, du marché.
De même chez LEGRAND, c'est le responsable Environnement de l'unité qui joue le rôle de conseiller auprès des concepteurs.

2.2. Information et Formation des concepteurs

Pour intégrer au mieux l'environnement dans les produits, les entreprises ont bien compris qu'elles se devaient de sensibiliser en informant et de former leurs concepteurs à l'environnement.
DIGITAL organise ainsi régulièrement des formations formelles de ses concepteurs sous forme de journées consacrées à l'écoute d'intervenants leur expliquant les enjeux de l'environnement, leur donnant des outils de référence et des pense-bêtes. D'autre part ils disposent, comme tout le personnel, de bulletins de communication "Global Watch" et de Newsletters (dans le Web interne), de logiciels de formation et participent enfin à des groupes de travail.
Ils sont de plus aidés d'experts internes (Product Stewardship), comme chez TEXAS INSTRUMENTS et THOMSON Multimédia (qui travaille aussi avec des experts externes, des consultants).
Chez IBM des formations sont organisées annuellement et des experts internes accompagnent certaines étapes du process de conception IPD (IBM Processus Development).

Dans le cas de PHILIPS, les concepteurs sont envoyés aux Pays-Bas pour être formés à l'éco-conception.

Chez H.P., les concepteurs sont sensibilisés aux principes essentiels de respect de l'environnement et en particulier à l'écodesign dès leur recrutement, et ce lors d'une première réunion avec le Responsable "Product Stewardship".

LEGRAND et BRANDT fonctionnent un peu différemment dans le sens qu'elles ne disposent pas d'experts ; les concepteurs sont suffisamment formés et informés pour "éco-concevoir".

Pour des PME comme JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs ou ABB Industrie, les concepteurs sont sensibilisés comme tous les membres du personnel lors de réunions régulières (hebdomadaires chez ABB) et en participant à des groupes de travail (organisés parfois par leur syndicat professionnel ou la FIEEC : Fédération des Industries Electriques, Electroniques et de Communication).

2.3. Implication des fournisseurs et recycleurs : approche par filière

Toutes les personnes impliquées dans la chaîne de valeur du produit sont de plus en plus sensibilisées à l'environnement: en amont, les fournisseurs et en aval, les recycleurs.

2.3.1. Les fournisseurs

Une grande majorité des entreprises interrogées impose ainsi à ses fournisseurs d'adopter un comportement respectueux de l'environnement, particulièrement les entreprises des secteurs électronique et informatique.
Ainsi, dans le cas de DIGITAL, les fournisseurs sont contraints de consulter un manuel "*Design for the Environment*" réalisé pour les aider à comprendre les enjeux de l'intégration de l'environnement dès la conception. DIGITAL leur communique ses normes environnementales, ses listes de matériaux interdits, ses spécifications de développement. Les fournisseurs doivent donner des informations précises sur leurs produits et se soustraire à des audits réalisés par DIGITAL.

IBM exige à ses fournisseurs de remplir des questionnaires concernant la toxicité et le respect de la réglementation de leurs matériaux. Le Responsable Environnement Produits suggère même que soient éditées des normes permettant de gérer au mieux la qualité environnementale des fournisseurs.

Dans le cas de HEWLETT PACKARD, des contrats d'achat existent depuis 5 ans, lesquels contraignent les fournisseurs à adopter un comportement environnemental. Il y a trois niveaux d'exigence : des exigences environnementales sont spécifiées dans le contrat d'achat fournisseur-H.P., un questionnaire est à remplir sur l'honneur et/ou H.P. s'autorise à auditer ses fournisseurs.

Les critères environnementaux sont répartis en deux niveaux :

- les "***MUST***" : Critères incontournables et exigés ; si le fournisseur ne respecte pas l'un de ces critères, il sera évincé même si ses prix sont tout à fait compétitifs. Ces critères sont d'une part les critères exigés par la réglementation et d'autre part des critères correspondant à certains engagements de l'entreprise.

  Exemple : Interdiction d'utiliser des CFC ou des retardants de flamme bromés.

- les "***WISH***": Critères demandés mais non obligatoires ; par exemple ceux nécessaires pour obtenir un écolabel.

Des contrats avec exigences en matière d'environnement et des procédures de qualification environnementale lient également TEXAS INSTRUMENTS et ses fournisseurs.

Pour d'autres comme THOMSON Multimédia, BRANDT et dans une moindre mesure, JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs, des exigences environnementales figurent dans les cahiers des charges à respecter.

Pour ABB Industrie et LEGRAND, les fournisseurs ne sont pas encore très sensibilisés. Cependant prochainement ABB Industrie devrait exiger des fiches de toxicité pour tous les matériaux fournis.

2.3.2. Les recycleurs

Pour ce qui concerne les recycleurs, ils devraient de plus en plus souvent être liés par contrat avec les entreprises fabricantes (cas de l'entreprise ECOSYNTHESE travaillant avec PHILIPS).
Certaines ont même intégré des unités de démontage-recyclage dans leur activité, ce qui facilite le retour des informations et une meilleure appréhension par les concepteurs des problèmes de traitement des produits en fin de vie ; c'est le cas d'H.P. qui dispose également de responsables "Fin de Vie".

Chez IBM, les Responsables "Fin de Vie" de l'entreprise (au niveau mondial) se réunissent une fois par an et émettent un avis global de comportement à adopter par les bureaux d'étude (en fonction des tendances du marché). Les informations sont retournées aux Responsables des concepteurs et diffusées aux experts d'étude (Coordinateurs Environnement Produits) via le manuel de conception environnementale.

Force est de constater que ces retours d'information aval-amont sont encore rares ; ceci peut être en partie attribué à la difficulté de suivre le cheminement des produits en phase d'utilisation (cas de T.I. fabricant des puces électroniques intégrées dans d'autres matériels type PC, de LEGRAND, de JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs, ...).

Une directive européenne sur la fin de vie des produits électrique et électronique est actuellement en préparation et devrait être publiée vers la fin de l'année 1998 (Octobre ?). Elle devrait permettre d'orienter plus aisément les études pour prendre en compte la fin de vie des produits. Elle pourrait également permettre de répondre à la question : "Comment optimiser la fin de vie des produits ?"

Le Directeur des Relations Techniques chargé des questions d'environnement de BRANDT déplore encore le manque d'interrogation de la part des recycleurs. Pour lui, les recycleurs souhaitent simplement qu'il y ait le plus de métal possible pour en retirer le plus d'argent possible : les produits électroménagers étant pour l'instant entièrement broyés (dans les mêmes broyeurs que les VHU), les matières métalliques récupérées ont davantage de valeur sur le marché que les matières plastiques.

Le rapport DESGEORGES (1994) sur un Projet d'Accord-Cadre liant les acteurs de la chaîne de valeur d'un produit électrique ou électronique (notions de responsabilités partagées et propres de chaque acteur) n'est pour l'heure qu'un concept. Il n'a pas véritablement proposé de solutions, en particulier des filières de valorisation des produits.
Des expériences pilotes de mise en application ont été menées en Région Rhône-Alpes et Poitou-Charentes pour effectuer un état des lieux des gisements et des filières de valorisation existantes et à envisager. Il n'y a cependant pas encore de consensus national en ce domaine.

La plupart des personnes interrogées pense néanmoins qu'une concertation par filière "produit" est indispensable pour résoudre les problèmes environnementaux posés par les produits.

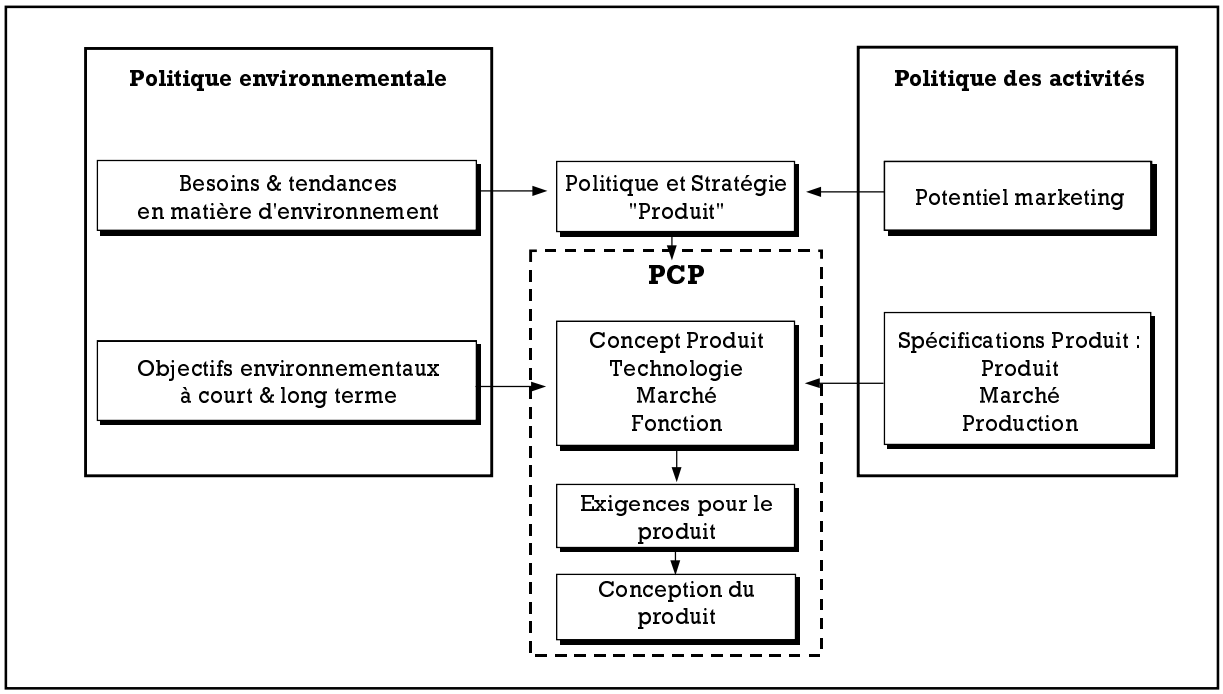
2.4. Niveau de prise en compte de l'environnement dans le processus de conception

Dans la mesure du possible, plus l'environnement est pris en compte en amont du processus de conception et mieux c'est.
Il faut toutefois avouer que l'environnement doit être pris en compte au même titre que les autres paramètres : coûts / délais / performances / qualité, et n'est pas prioritaire. Coût et performance restent privilégiés pour satisfaire la clientèle.

La plupart du temps l'intégration d'une nouvelle règle environnementale suit ou devance la réglementation. Si les entreprises essaient d'anticiper le plus possible pour ne pas précipiter d'éventuels changements onéreux de conception, il est possible qu'il n'y ait aucune incidence sur le prix de vente du produit "plus vert", facilitant ainsi sa commercialisation (cas de T.I., IBM, PHILIPS, THOMSON Multimédia).
Ce n'est cependant pas toujours le cas (LEGRAND) mais si le client "plus éco-citoyen" est prêt à payer plus cher un produit "plus vert", alors ...

Pour bien "éco-concevoir" un produit, le personnel "Environnement" de DIGITAL participe en tant que conseillers à la rédaction du cahier des charges. Ils imposent que la réglementation soit respectée et peuvent éventuellement interdire la commercialisation d'un produit s'ils décèlent le moindre manquement aux règles. La décision finale incombe cependant à la Direction.

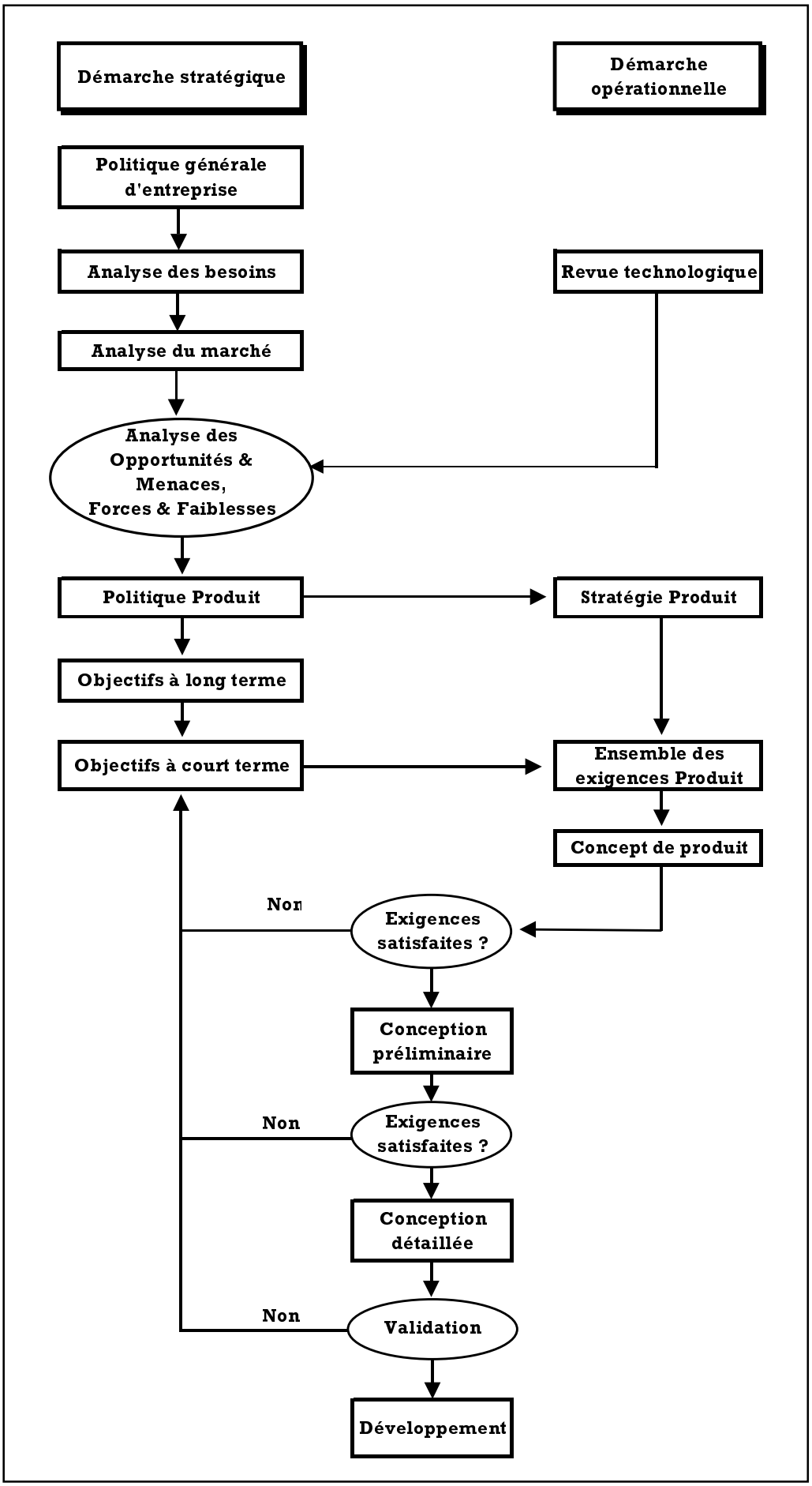
Comme cité plus haut, PHILIPS dispose d'un PCP : Product Creation Process. Il correspond à un processus d'innovation.
Eco-concevoir va consister à mettre en place des mesures et des stratégies "Produit" à l'aide d'informations sur le potentiel de marché et les besoins et tendances des clients en matière d'environnement, pour les inclure dans le PCP.



On remarque que la démarche marketing s'accompagne d'une démarche environnementale où en fonction de la politique de l'entreprise en matière d'environnement et les besoins exprimés de la clientèle sur ce point, on intègre certains critères environnementaux dès le début du process de conception. Ces critères peuvent

correspondre à des objectifs stratégiques à court terme ou long terme. Une telle démarche est principalement employée pour les emballages actuellement.
L'approche de PHILIPS est très didactique et progressive pour sensibiliser petit à petit les concepteurs-développeurs à l'environnement et vaincre leurs résistances.
(Le scénario d'un projet pilote d'éco-conception - recommandé pour débuter dans une telle approche de travail - ,utilisé chez PHILIPS, est présenté dans le chapitre 2 du mémoire.)

En ce qui concerne la démarche complète d'éco-conception de PHILIPS, on peut distinguer d'une part la démarche stratégique et d'autre part la démarche opérationnelle, toutes deux décrites par le diagramme de la page suivante.


Démarche stratégique
Démarche opérationnelle
Politique générale d'entreprise
Analyse des besoins
Revue technologique
Analyse du marché
Analyse des Opportunités & Menaces, Forces & Faiblesses
Politique Produit
Stratégie Produit
Objectifs à long terme
Objectifs à court terme
Ensemble des exigences Produit
Concept de produit
Non
Exigences satisfaites ?
Conception préliminaire
Non
Exigences satisfaites ?
Conception détaillée
Non
Validation
Développement

T. I. intègre également des critères environnementaux dans sa démarche marketing et tout comme chez DIGITAL le personnel environnement peut s'opposer à la mise sur le marché d'un produit s'il n'est pas conforme à la réglementation ou aux exigences de la clientèle.

Chez IBM, on parle d'IPD : IBM Processus Development. Il couvre l'ensemble du cycle de vie d'un produit depuis l'idée de développement du produit jusqu'à sa fin de vie.
Au cours du développement, chaque personne responsable d'une phase du processus doit s'enquérir de l'impact environnemental engendré par cette phase. Il existe tout un plan informatique détaillé de développement indiquant quand et comment prendre en compte l'environnement. A chaque étape des principes sont à mettre en œuvre et à respecter.
En fin de développement, un comité de surveillance chargé d'autoriser la commercialisation du produit s'assure que tous ces principes ont bien été pris en compte.

HEWLETT PACKARD définit un "Product Life Cycle" comportant des points de contrôle (environnementaux en particulier) pour chaque étape du processus.

Chez THOMSON Multimédia, c'est le Responsable Environnement du service Développement Produits qui a le rôle déterminant de faire intégrer tel ou tel principe et ensuite de commercialiser ou non le produit.

Chez ABB Industrie, JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs et LEGRAND, les pressions de la clientèle en matière d'environnement sont encore faibles et le rôle du personnel "Environnement" dans la constitution du cahier des charges du produits reste négligeable.

2.5. Prospective : Type d'organisation du travail

Pour bon nombre des personnes interrogées, il s'agit de ne pas fondamentalement modifier l'organisation du travail pour concevoir "vert". L'intégration de l'environnement dans les modes de pensée et les modes d'action doit se faire le plus naturellement possible.
Toutes les entreprises travaillent déjà par gestion de projet et pratiquent pour la plupart le "concurrent engineering" ; il faut simplement se poser les questions et les bonnes en amont de la démarche de conception.

Il s'agit par exemple dès la démarche marketing (en amont) de se poser la question : quels sont les besoins supplémentaires du client à satisfaire (DIGITAL, BRANDT)? Les besoins environnementaux...

Pour le Green TV Manager de THOMSON Multimédia, personne n'est encore prêt à modifier réellement les méthodologies de travail, d'autant plus que les contraintes ne sont pas encore suffisantes (réglementation). Il existe déjà des collaborations des entreprises avec les fournisseurs (en amont de la chaîne de valeur) et les recycleurs (en aval) par le biais d'associations, de projets européens et d'initiatives propres.
L'idée d'un plateau de travail réunissant fournisseurs, fabricants et recycleurs (comme dans le domaine de l'automobile) est plaisante mais la mise en place pourrait s'avérer longue et coûteuse.

3. INTEGRATION DU PARAMETRE ENVIRONNEMENTAL DANS LA DEMARCHE DE CONCEPTION : MOYENS

3.1. Etudes environnementales orientées produits

D'une manière quasi générale peu d'entreprises se sont réellement lancées dans des études environnementales d'évaluation de leurs produits. Ces derniers étant souvent complexes dans ce domaine, des études du type Analyse du Cycle de Vie s'avèrent longues et onéreuses.

Remarque : Le « Corporate Product Stewardship » de H.P. estime toutefois que l'approche ACV est intéressante, mais qu'il faudrait la rendre moins coûteuse et plus fiable. Elle devrait faire l'objet d'un consensus général sur les valeurs des pondérations. Il faut des résultats scientifiquement valables (= objectifs) et acceptés par tous.

Certains remarquent que des études "a posteriori" (ACV) sont inintéressantes (THOMSON Multimédia).

Quelques entreprises ont toutefois réalisé de telles études comme BRANDT, T.I. ou DIGITAL qui a notamment effectué des ACV de cartes-mères, de condensateurs ou encore de circuits intégrés avec décomposition jusqu'aux composants et matériaux de base. Lors d'une étude avec le Fraunhofer Institute (Stuttgart), dix tonnes de vieux matériels ont même été démantelées afin d'analyser les différents types de plastiques, de métaux ferreux, non ferreux, semi-précieux, ...

Ces études ont mis en évidence un certain nombre de points faibles : trop de plastiques différents et peu marqués, trop d'outils nécessaires pour le désassemblage, des matériaux dangereux, ...

IBM préfère les ACV de matériaux (réalisées dans le centre de compétences américain) dont les résultats permettent d'alimenter les bases de données.

D'autres entreprises choisissent des études plus succinctes comme des matrices (AT&T Matrix), des check-lists ou encore des calculs de coûts environnementaux (PHILIPS).

Plusieurs sociétés comme T.I., IBM, DIGITAL, H.P., JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs ou ABB Industrie ont réalisé des inventaires assez exhaustifs des matériaux contenus dans leurs produits et ce en terme de toxicité, d'écotoxicité et de conformité à la réglementation. Ils ont été établis à l'aide des réponses aux questionnaires transmis aux différents fournisseurs.

Les résultats d'études comme les ACV ont permis à DIGITAL d'élaborer ses Standards Environnementaux (normes, recommandations internes) et de modifier certaines conceptions.

3.2. Préoccupation de la fin de vie des produits

Les approches de fin de vie divergent foncièrement entre les produits électriques et les produits électroniques et informatiques :

- **Produits électriques** : Le suivi du cheminement des produits est difficile puisqu'ils sont « perdus » dès leur livraison après vente. Ils passent en effet par plusieurs utilisateurs, assembleurs, à travers le monde : des moteurs par exemple (cas de l'entreprise ABB) peuvent être successivement utilisés puis revendus pour être incorporés dans différents appareillages ; leur collecte semble donc bien compromise.

- **Produits électroniques et informatiques** : Les produits sont plus facilement « suivis » et récupérés. Il existe même des contrats de reprise.

Tout dépend aussi de la taille des produits et des valeurs de second marché.
Ainsi pour des produits de petite taille type rasoir électrique (PHILIPS), le réflexe de la clientèle reste encore de les jeter. Il est plus difficile d'en faire autant pour un téléviseur ou un ordinateur.

Pour ce qui concerne l'aspect financier, il est important de mettre en place un système économiquement viable ; il faut que les pièces des produits usagés démontées, traitées puissent être recyclées ou revendues et réutilisées de manière rentable sur un marché d'occasion. C'est possible pour des pièces ou matériaux à forte valeur ajoutée.

Si le coût de la collecte et du retraitement du produit est imputé sur le prix de vente (tel est le cas en Suisse : programme mis en place par SWICO, le syndicat des constructeurs), il est impensable que cela puisse se faire sur un produit peu cher qu'il vaudra mieux détruire, broyer, brûler en fin de vie.

« C'est tout un problème de logistique, de finances, de technologie et surtout d'éducation qui se pose » (Directeur Technique, PHILIPS France).

Les systèmes de collecte sont difficiles à mettre en place ; les consommateurs doivent être sensibilisés et coopérer. Tout dépendra donc de leur comportement vis-à-vis de l'Environnement. Un tel système sera ainsi plus facile à intégrer dans les pays Nordiques où les clients sont davantage éco-citoyens (Responsable Environnement Produits, DIGITAL).

La préoccupation de la fin de vie et la mise en place de filières de valorisation sont primordiales car elles vont permettre d'une part de pouvoir recycler des matériaux propres à être réutilisés (moins de déchets à traiter, moins de ressources à dépenser pour l'extraction et la fabrication de matériaux vierges, ...) et d'autre part de faire remonter des informations (feed-back) aux concepteurs concernant les problèmes de traitements rencontrés par les recycleurs, ...

Ainsi, chez HEWLETT PACKARD, une unité de démontage-recyclage a été installée près du lieu de travail des concepteurs, ce qui facilite grandement le retour d'informations et la sensibilisation des concepteurs aux problèmes rencontrés au niveau de la fin de vie des produits : en participant aux différentes opérations de démontage, ils peuvent savoir ce qu'il faut faire, ne pas faire et améliorer.

- Dans le cas des produits électroménagers, le Responsable des Relations Techniques de BRANDT estime que leurs rapports avec les recycleurs ne vont pas dans le sens d'une meilleure valorisation des produits en fin de vie. Il n'y a en effet pas de retour des problèmes éventuellement rencontrés par la gestion des produits usagés.
"Le concept d'optimisation de fin de vie est totalement creux".

BRANDT ne dispose pas de service Recyclage. Les appareils sont pour la plupart broyés et les métaux sont récupérés. S'il pouvait exister des méthodes de désassemblage permettant de récupérer des pièces réutilisables, BRANDT serait tout à fait prête à les utiliser.

La plupart des industriels sont en attente de la future directive européenne concernant la fin de vie des produits électriques et électroniques ; elle devrait quelque peu modifier leurs manières d'opérer ...

3.3. Stratégies d'éco-conception

Elles sont très diverses et vont dépendre des objectifs de l'entreprise à court, moyen ou long terme, du marché, du type de produits fabriqués, ...

On peut distinguer les axes stratégiques suivants :
(Source : *Ecodesign : A Promising approach to sustainable production and consumption*, Brezet J.C & van Hemel C., PNUE, Paris, 1997)

1) Sélection de matériaux les moins impactants
   * moins toxiques (moins dangereux)
   * renouvelables
   * peu énergivores
   * recyclés
   * recyclables

2) Réduction du nombre de matériaux
   * réduction de la masse
   * réduction du volume

3) Optimisation des techniques de production
   * techniques de production alternatives
   * moins d'étapes de production
   * consommation d'énergie minimale
   * moins de production de déchets

4) Optimisation du système de distribution
   * emballages réutilisables, plus propres et moins nombreux ou volumineux
   * modes de transport moins énergivores

5) Réduction des impacts des produits en phase d'utilisation
   * moins de consommation énergétique
   * sources d'énergie plus propres et renouvelables
   * moins de besoins en énergie non renouvelable

6) Optimisation de la durée de vie des produits
   * durabilité et fiabilité
   * maintenance et réparations facilitées
   * structure modulaire des produits
   * fort lien produit-consommateur

7) Optimisation de la fin de vie des produits
   * désassemblage des produits
   * réutilisation des produits
   * refabrication/remise à neuf
   * recyclage des matériaux (facilité par leur marquage)
   * incinération plus sûre

8) Développement d'un nouveau concept : Modification de la "façon de penser"
   * dématérialisation
   * partage de l'utilisation des produits
   * intégration de nouvelles fonctions
   * optimisation fonctionnelle des produits

N'importe quelle entreprise désireuse de réaliser des économies peut s'orienter sur la voie de l'éco-conception. Lors du développement de nouvelles gammes de produits, des réflexions sur la limitation des coûts de revient amènent fatalement à penser "environnement" : simplification et allégement du produit, minimisation de la production de déchets en cours de fabrication, minimisation du nombre d'opérations polluantes (pour éviter les coûts de traitement), ...

Des entreprises du domaine électrique ou électromécanique comme ABB Industrie et JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs vont privilégier les matériaux moins toxiques et peu énergivores, une consommation d'énergie minimale (en phase de production et d'utilisation), la conception en vue de faciliter le démontage et le recyclage des matériaux.

A noter que certains produits de ce domaine sont conçus spécialement indémontables pour des raisons de sécurité (cas des disjoncteurs de LEGRAND) ; il n'est donc pas concevable d'envisager une stratégie de recyclage en fin de vie pour de tels produits.

Chez IBM, aucun de ces principes ou stratégies n'est démontré être meilleur qu'un autre. C'est une combinaison, un compromis de plusieurs, suite à une analyse d'impacts, qui permettra de développer un produit plus respectueux de l'environnement. C'est sans compter encore les considérations de coûts, délais et performances !

Les objectifs ne peuvent être les mêmes pour chacun des produits car le réseau de fin de vie, les filières de valorisation diffèrent, de même que le montant des investissements à faire sur les matériaux, ...

H.P. essaie d'agir à tous les niveaux, que ce soit au niveau de la sélection des matériaux, de la réduction de leur nombre, de la minimisation de la consommation d'énergie ou de l'amélioration de la fin de vie. Ces stratégies correspondent approximativement aux critères du Blue Angel (écolabel allemand) que respectent les produits d'H.P.

Chez BRANDT, les stratégies en vue du démontage en fin de vie sont encore illusoires car, étant donné le prix de la main d'oeuvre en Europe, le nombre de pièces d'un appareil électroménager facilement accessibles (c'est-à-dire en moins d'une minute ; 1 minute = 1 franc) est très faible. Les produits sont donc presque entièrement broyés.
Remarque : Pour conduire des études sur le démontage, il faudrait analyser le coût de revente des pièces sur le marché (en "seconde main"), en déduire un temps d'accès maximum et voir si c'est réalisable.

3.4. Outils connus et utilisés

Pour les guider dans leur démarche d'éco-conception les entreprises utilisent un certain nombre d'outils qui peuvent aller de la simple liste de matériaux à proscrire ou dont il faut limiter l'utilisation à des logiciels plus complexes.

Ainsi, nous distinguerons les outils suivants :

- les listes de matériaux à bannir ou limiter :

  La plupart des entreprises les utilisent. C'est un outil simple d'utilisation mais dangereux car beaucoup de listes sont trop contraignantes (principalement celles des pays nordiques) et l'interdiction systématique de plus en plus de matériaux sous prétexte qu'ils soient toxiques n'est pas toujours justifiée si ces matériaux sont manipulés avec précaution.

  DIGITAL dispose de plusieurs types de listes : les matériaux interdits, les matériaux dangereux réglementés et les matériaux *nice to avoid*. Elle utilise de même qu'IBM, des listes correspondant au cumul des interdits mondiaux.

  LEGRAND devrait prochainement établir sa propre liste qui servira de contre-liste vis-à-vis de toutes les listes en circulation en Europe du Nord.

BRANDT utilise aussi des listes plus ou moins contraignantes. L'entreprise a bien tenté de développer quelques ébauches de listes mais les résultats demeurent peu probants.

- les manuels d'éco-conception (ou guides), les "guidelines" :

De plus en plus d'entreprises disposent de tels manuels. Parmi les entreprises rencontrées, seules BRANDT, JEUMONT SCHNEIDER Transformateurs et ABB Industrie n'en ont pas.
Pour le Responsable Environnement d'ABB Industrie, un manuel spécifique d'éco-conception n'est pas nécessaire. Il prévoit plutôt dans le futur d'intégrer des paragraphes concernant les process d'une part et les produits d'autre part dans le manuel classique utilisé par les concepteurs.
TEXAS INSTRUMENT ne dispose d'ailleurs pas de manuel d'éco-conception néanmoins des polices environnementales sont intégrées dans les manuels classiques de conception.

H.P. et THOMSON Multimédia disposent de guides par familles de produits. Ils sont constitués de règles générales (Design for Environment, Design for Disassembly, Design for Recycling, ...) et de règles spécifiques aux produits.

PHILIPS possède un manuel *Green Pages* et des guidelines générales *Philips EcoDesign Guidelines*.

Le manuel d'IBM est consulté par le Coordinateur Environnement Produits qui contraint le concepteur à respecter les principes édictés.

DIGITAL a développé son manuel en collaboration avec une équipe de recherche américaine du MIT (Massachusetts Institute of Technology). Il a rapidement été informatisé pour être plus aisé à consulter et utiliser.

Quant à LEGRAND, un manuel est actuellement en cours d'élaboration avec l'aide des concepteurs ainsi sensibilisés au problème.

- les checklists :

Ce sont de simples listes qui fournissent au concepteur des éléments de choix possibles en matière d'éco-conception : plusieurs types d'actions lui sont proposées. Elles permettent aussi de vérifier que tel ou tel principe est respecté et d'évaluer si le produit élaboré est respectueux de l'environnement.

Les grandes entreprises comme PHILIPS, H.P. ou DIGITAL en disposent. Elles sont même informatisées dans le cas de DIGITAL, et ce pour faciliter leur prise en compte.

↳ les logiciels :

La forme informatisée de tels outils est très appréciée des industriels ; les concepteurs travaillant de plus en plus systématiquement sur ordinateur (CAO/DAO), les logiciels s'intègrent plus facilement dans leur activité.
Il n'en demeure pas moins qu'un langage commun reste obligatoire. Beaucoup trop de logiciels encore sont inadaptés au métier de la conception : nomenclatures différentes, trop grande complexité ; ils sont alors perçus comme une contrainte supplémentaire.

Il semblerait que l'EIME (Evaluation de l'IMpact Environnemental) récemment commercialisé, résolve un certain nombre de ces problèmes.
Développé par ECOBILAN, à l'aide de plusieurs partenaires industriels (IBM, THOMSON Multimédia, LEGRAND, ALCATEL ALSTHOM et SCHNEIDER ELECTRIC) et financé par l'ADEME, il dispose de trois types de résultats :

1. Des indicateurs d'impact sur l'environnement : effet de serre, acidification atmosphérique, eutrophisation de l'eau, ...
2. Des indicateurs de conception : masse, types de matériaux utilisés, types de liaisons, ...
3. Des indicateurs de fin de vie : taux de démontabilité, taux de recyclage, ... (THOMSON Multimédia). ***Ce type d'indicateurs n'est pas encore élaboré à ce jour !***

L'intérêt de l'EIME est d'être une plate-forme des outils d'environnement : plusieurs logiciels peuvent s'y greffer sous forme de modules (le logiciel de conception classique, CATIA, est un peu similaire).
Avec plusieurs interfaces possibles : "expert" et "concepteur", l'EIME peut pratiquement être considéré comme un outil de gestion industrielle de l'ISO 9000 et de l'ISO 14000 (IBM).
Un autre intérêt : la base de données est réactualisable et surtout accessible à distance : une personne intéressée par la structure d'un produit respectueux de l'environnement peut, si elle en est autorisée, dupliquer sa structure, ses matériaux, son process de fabrication, sans avoir à tout recréer.

PHILIPS utilise le logiciel ECOSCAN dans ses différentes unités. Il s'agit plutôt d'un logiciel d'ACV qui permet également des calculs de coûts du cycle de vie.

H.P. utilise depuis longtemps des logiciels de démontage ; ils n'étaient pas utilisés au départ dans un but environnemental mais seulement afin de faciliter le montage puis le démontage et d'améliorer les possibilités de réparation et de maintenance.

TEXAS INSTRUMENTS a développé le logiciel CARRI (Computerized Assessment of Relative Risk Impact) avec SEMI (Semi-conductor Equipment Manufacturing Industries) et le CEMATEC (Groupement international des fabricants de Semi-Conducteurs).

DIGITAL teste beaucoup de logiciels nouvellement développés, notamment des logiciels allemands ou américains de simulation ou modélisation du désassemblage comme "*Design for Environment Software Tool*" de Boothroyd Dewhurst Inc. (USA) : il permet l'analyse des options de fin de vie et fournit des données sur le cycle de vie des composants d'un produit avec les coûts de désassemblage et des options de recyclage ; ...

Autres outils :

D'autres outils sont connus et testés par les entreprises mais parfois inadaptés aux attentes car trop souvent développés par des équipes de recherches universitaires ou industrielles et utilisables par la seule entreprise commanditaire de l'étude.

IBM a par exemple testé plusieurs outils consacrés au désassemblage des produits mais leurs critères ne correspondent pas à la manière de pratiquer des sociétés spécialistes du désassemblage avec IBM.

T.I. a développé un arbre décisionnel, principalement utilisé pour les emballages, afin d'orienter le concepteur sur la voie de la meilleure option.

3.5. Prospective : Types d'outils nécessaires dans une démarche d'éco-conception

Le « Corporate Product Stewardship » de DIGITAL estime qu'il serait intéressant d'intégrer un module Environnement dans un logiciel de conception (CAO) classique. Pour lui l'intérêt serait de faire apparaître des messages sur les risques environnementaux au cours de la modélisation du produit. Un outil distinct perdrait rapidement de sa valeur.

Pour PHILIPS, il est nécessaire que les outils soient très concrets par rapport aux problèmes rencontrés par le concepteur. Ils doivent répondre à ses attentes en ses propres termes.

Pour H.P., la forme informatique est plus performante que la forme papier. L'accent doit être mis sur un consensus international en termes de critères pris en compte, de pondérations, ...

Le Directeur des services techniques France de T.I. soutient que les outils devraient toujours être développés dans un souci de répondre aux attentes des entreprises. Dans le cas de projets de recherche universitaires, des partenariats industriels s'imposent.

Le responsable technique de ABB Industrie estime quant à lui que les exigences de conception en terme d'environnement devraient être intégrées dans des normes (autre type d'outil) pour que tous les constructeurs les respectent. Il faudrait d'autre part une loi-cadre et des accords par branche professionnelle.

ANNEXE 3 : LA REGLEMENTATION SUR LES PRODUITS ELECTRIQUES ET ELECTRONIQUES USAGES EN EUROPE

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Allemagne	▪ ***Informatique***	Collecte par les collectivités locales. Collecte et traitement par les fabricants / importateurs.	Avant décret : taxe de reprise pour l'utilisateur final. Après décret : Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Pas encore de décret d'application : prévu au **1.1.99** mais toujours en projet.
	▪ ***Téléphonie***	Pas de mode de collecte établi.	Taxe de reprise pour l'utilisateur final.	
	▪ ***Piles***	Retour gratuit chez les distributeurs ou dans les points de collecte municipaux. Prise en charge gratuite par les fabricants.		Décret en vigueur au **3.4.98**.
Autriche	▪ ***Bureautique*** ▪ ***Informatique*** ▪ ***Vidéo***		Taxe sur la vente de nouveaux produits.	Pas de décret. Attente des développements européens Existe une norme *Ö-NORM S 2106* : "meilleures pratiques pour la fin de vie des produits électriques et électroniques".
	▪ ***Produits blancs*** ▪ ***Lampes***		Taxe de reprise pour l'utilisateur final.	Réglementation en place.
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Fabricants, importateurs et distributeurs via la collecte organisée par les municipalités. 65% des piles portables sont actuellement collectées.		Décret en vigueur depuis Septembre 1991.

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Belgique ***Flandres***	▪ ***Produits blancs*** ▪ ***Produits bruns***	Collecte par les fabricants, importateurs et distributeurs. Objectifs de recyclage des métaux ferreux, non ferreux et des plastiques.	Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Réglementation flamande sur la prévention et le management des déchets (VLAREA) entrée en vigueur à partir du **26.4.98**. Pour les produits bruns et blancs obligations à partir du **1.7.99**. Discussions pour l'adoption d'un covenant pour la collecte des produits électroniques.
	▪ ***piles***	Objectifs de collecte de 70% à partir de 2000 et de recyclage de 50%. Collecte gratuite par les détaillants et les distributeurs.	Système d'éco-taxe payée par les fabricants (20 BEF pour chaque pile vendue pour les adhérents au BEBAT, sinon 5 BEF).	
Belgique ***Wallonie***	▪ ***Produits électroniques (listés dans le plan de management des déchets adopté le 15.1.98)***	90% des appareils électroniques ménagers et industriels doivent être collectés à partir de 2000 et 95% à partir de 2005		Décret en discussion.
Danemark	▪ ***Produits blancs*** ▪ ***Produits bruns*** ▪ ***Informatique*** ▪ ***Téléphonie*** ▪ ***Equipements médicaux*** ▪ ***Equipements de laboratoire*** ▪ ***Transformateurs***	Collecte et traitement par les collectivités locales (et non les producteurs).	Taxe de reprise ajoutée à la taxe des ordures ménagères. Retour gratuit pour les utilisateurs individuels et les distributeurs. Taxe supplémentaire de reprise pour les professionnels. L'industrie doit également payer pour l'enlèvement	Décret en vigueur au **1.1.99.**
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Fabricants et importateurs responsables de la mise en place des plans de collecte gratuite.	Eco-taxe payée par les fabricants et importateurs.	Lois adoptées en **Juin 95** et **Mai 96** + ordres statutaires n°91, 92, 93 (1996).

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Espagne	▪ ***Produits électriques et électroniques (général)***		Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Etudes pilotes en cours. Pas de réglementation.
	▪ ***Piles et accumulateurs***			Décret en projet.
Finlande	▪ ***Produits électriques et électroniques (général)***	Etude pilote sur la collecte et la valorisation.	Taxe sur la vente de nouveaux produits.	Etude pilote en cours. Pas de réglementation.
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Les municipalités doivent collecter toute sorte de déchets ménagers dont les piles et accumulateurs.		Acte sur les déchets 1993.
France	▪ ***Produits électriques et électroniques (général)***	En faveur de la responsabilité partagée.		Pas de réglementation.
	▪ ***Tubes fluorescents***		Retour gratuit pour l'utilisateur final.	Décret au **1.1.98**.
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Collecte et traitement des piles avec substances dangereuses + accumulateurs usagés au **12.5.99**. Collecte et traitement de toutes les piles usagées au **1.1.01**.	Retour gratuit pour l'utilisateur final assuré par les distributeurs.	Décret au **12.5.99** modifié par le décret du **29.12.99**.
Grèce	▪ ***Piles et accumulateurs***	Mêmes obligations de collecte et de recyclage que pour la directive européenne mais pas de réel programme.		Décision Ministérielle jointe, en vigueur au **12.09.95**.
Irlande	▪ ***Produits électroniques***			Discussions en cours pour un accord volontaire.

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Italie	▪ ***Réfrigérateurs*** ▪ ***Machines à laver*** ▪ ***Téléviseurs*** ▪ ***Ordinateurs*** ▪ ***ventilateurs***	Collecte et traitement des réfrigérateurs en place en 1997. Extension fin 2000 pour les ordinateurs et les téléviseurs.	Retour gratuit sous condition d'achat d'un nouveau produit.	En cours. Décret sur le management des déchets du **5.2.97** amendé par celui de **8.11.97** où l'Art.44 prévoit la mise en place de points de collecte par les industriels.
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Mêmes orientations que pour les directives 91/157/CE et 93/86/CE.		Décret du **20.11.97**.
Luxembourg	▪ ***Réfrigérateurs***	Système de collecte SuperFreonsKëscht initié en 1990.		Attente de la directive européenne pour les PEEFV.
	▪ ***Piles*** ***Piles contenant plus de 25 mg de mercure, 0.025% en poids de Cd, 4% en poids de Pb.*** ***Piles alcalines contenant plus de 0.025% en poids de mercure.***	Fabricants, distributeurs et détaillants.		Réglementation du **23.5.93** en vigueur en **Juin 93**.
Pays-Bas	▪ ***(1) Informatique, Téléphonie, Réfrigérateurs, machines à laver sèche-linge ordinateurs, imprimantes.*** ▪ ***(2) Equipements pour chauffage et eau chaude***	Fabricants et importateurs responsables de la collecte à partir des points de collecte municipaux et des détaillants	Taxe sur la vente de nouveaux produits (montant imposé au cas par cas).	Décret du **21.4.98** qui entre en vigueur au **1.1.99 :** incinération interdite au 1.1.99 pour matériels volumineux (+ collecte des (1)) et au **1.1.00** pour petits matériels. (+ collecte des (2)).
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Fabricants et importateurs. Selon le plan STIBAT, les piles vendues après 1995 sont collectées par les municipalités. Les industries qui ne participent pas au plan doivent créer leur propre dispositif.	Taxe payée par les fabricants et les importateurs.	Décret en vigueur au **1.7.94**. Collecte des piles et accu. dont le poids est supérieur à 1000 grammes à partir de 1998. Plan pour la collecte et le recyclage des batteries (1996).

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Portugal	▪ ***Piles et accumulateurs***	Détaillants, fabricants et importateurs		Décret en vigueur au **1.9.95**.
Royaume-Uni	▪ ***Produits électriques et électroniques***	Etudes pilotes en cours.		Pas de réglementation. En attente des résultats des projets pilotes.
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Plan de collecte REBAT.		Accords volontaires entre les industriels et le gouvernement.
Suède	▪ ***Produits électroniques***	Collecte et traitement par les fabricants. Obligation d'informer l'utilisateur final. Traitement préalable obligatoire avant incinération, broyage, …	Taxe sur la vente des nouveaux produits.	Prévue au **1.1.00**, mais attente des nouvelles réglementations sur le traitement des PEEFV par l'EPA suédoise.
Norvège	▪ ***Electroménager*** ▪ ***Bureautique*** ▪ ***Informatique*** ▪ ***Téléphonie***	Collecte par les collectivités locales et les détaillants. Collecte par les fabricants (pour les produits vendus avant le décret). Taux de collecte minimum : 80% dans les 5 ans. Financement par les producteurs et les importateurs.	Taxe sur la vente de nouveaux produits. Les prix des produits ont augmenté de 20 à 300 NKr.	Ordonnance sur la collecte et la reprise des produits électroniques en fin de vie du **16.3.98** entrant en vigueur à partir du **1.7.99**.
	▪ ***Réfrigérateurs*** ▪ ***Congélateurs***	Collecte par les collectivités locales depuis 1997.		
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Vendeurs.		Réglementation en vigueur au **1.08.90** (plusieurs amendements). Révision prévue pour 2000 où la responsabilité incombera aux fabricants et aux vendeurs.

Pays	Produits visés	Retour des produits : Responsabilités ?	Système de financement ?	Réglementation ?
Suisse	▪ ***Bureautique ? ?*** ▪ ***Informatique et électronique de loisirs*** ▪ ***Electroménager ? ?*** ▪ ***Ballasts des lampes contenant des PCBs*** ▪ ***Produits Blancs***	Collecte et traitement de leurs produits par les fabricants. Collecte de tous les produits par les détaillants.	Retour gratuit pour l'utilisateur final incité à acheter un nouveau produit (au choix de l'industriel). Si aucun arrangement des industriels, taxe de reprise imposée par le gouvernement.	Décret sur la collecte et l'élimination des appareils électriques et électroniques du **14.1.98** entrant en vigueur au **1.7.98**.
	▪ ***Piles et accumulateurs***	Fabricants et vendeurs	Eco-taxe.	Ordonnance du **9.6.86** modifiée le **1.7.98**.

<u>Sources</u> : *Revue "online" Product Stewardship Advisor* ***(http://www.cutter.com/psa/)****, article : The Progress of Takeback Legislation for Electronic Equipment Around the World (Février 1998).*
Propos de Herber Enmarch-Williams dans un rapport de l'association "The Surrey and Hampshire Environmental Business Association".
3ème proposition d'un projet de Directive Européenne sur les produits électriques et électroniques en fin de vie (5 Juillet 1999).

ANNEXE 4 : DEVENIR DES LOGICIELS D'ECO-CONCEPTION IDENTIFIES

Le tableau suivant présente ce que sont devenus les logiciels identifiés et présentés dans la partie 2 du mémoire.

Logiciel	Qui ?	Devenir ?
Advisor for Component Design	Carnegie Mellon University (USA)	▪ ?
AMETIDE	CGDM (Consortium on Green Design and Manufacturing, USA) RENAULT (F) Laboratoire 3S (F)	▪ Outil jamais commercialisé ▪ Utilisation par l'Université de Californie
AsTROiD	Technical University of Braunschweig (D) Manufacturing Technology Centre (South Korea)	▪ Version commerciale disponible durant l'été 2000 ▪ Utilisation par les producteurs d'équipements électroniques en Asie du Sud Est
The Cambridge Eco-Selector (CES)	Granta Design Limited (UK) University of Cambridge, (Department of Engineering)	▪ Commercialisation prévue en juillet 2000
DfE Software Tool	Boothroyd Dewhurst Inc. (USA) TNO Institute of Industrial Technology (NL)	▪ Version 1.1.1. ▪ Prochaine version : moitié 2000 ▪ Vendu à : Nokia world-wide, Manchester University UK, National University of Ireland, Digital Equipment Corp., Kodak, University. of Stuttgart (FHTE), GE Plastics, Helsinki University, KIA cars (Corée),Loctite, Mitsubishi (Japon),Athens University, OCE, Holland., Samsung et Pitney Bowes.
DEMROP	SIEMENS (D) en partenariat avec plusieurs entreprises dont : Agfa, Alcatel SEL, Nederlandse Philips Bedrijven… Technische Hochschule DARMSTADT (D)	▪ Commercialisé

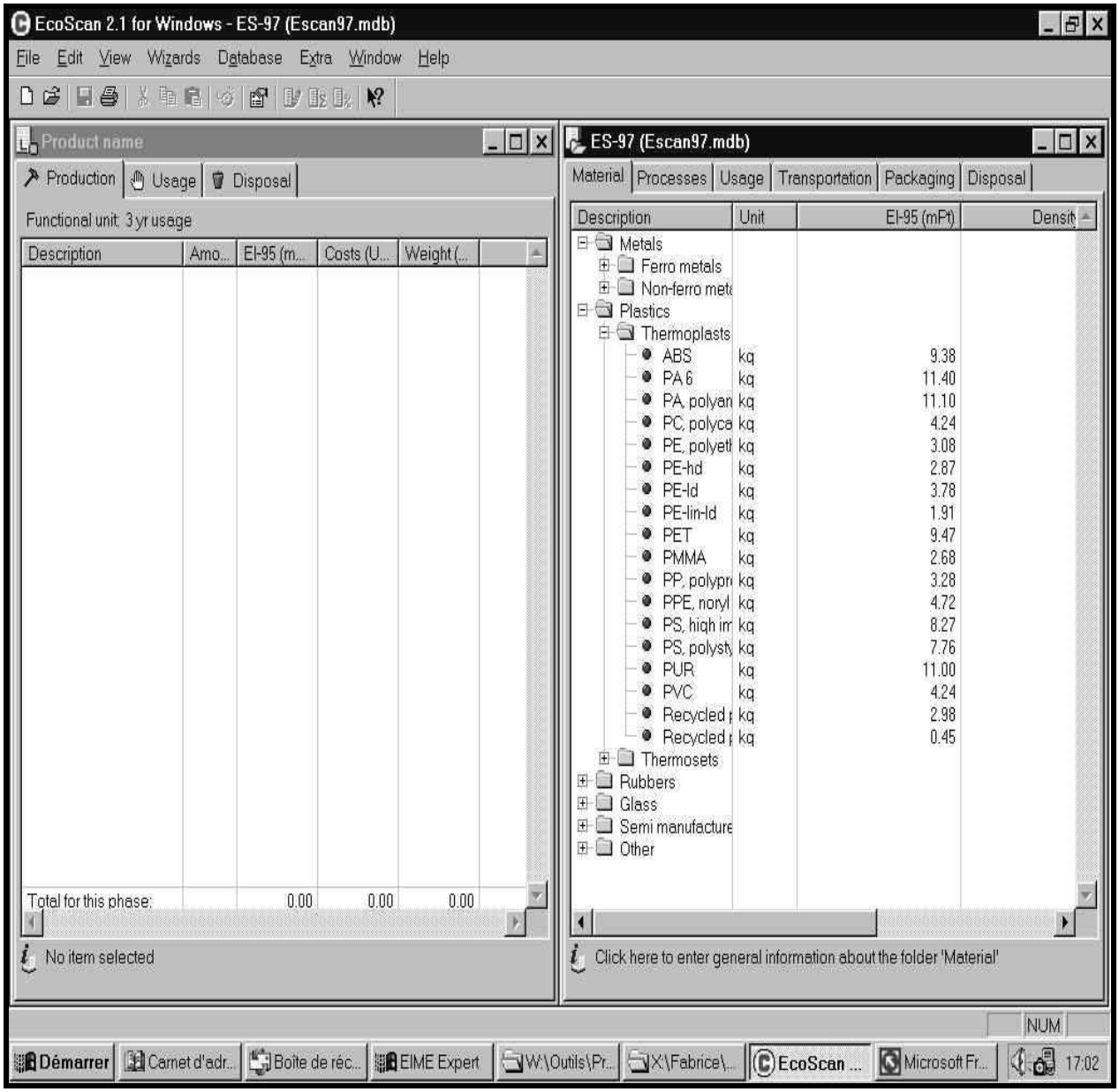
Logiciel	Qui ?	Devenir ?
EcoDesign Tool	Manchester Metropolitan University (UK)	▪ Projet développé pour Nortel (UK), dans le cadre d'une thèse. ▪ Pas de nouvelles de Nortel …
EcoPurchaser	IVF (The Swedish Institute of Production Engineering Research) en collaboration avec 16 entreprises internationales (Ericsson, Philips, Siemens-Elema, Varta, ABB, 3M, …) EPA suédoise	• Commercialisé
EcoQuest	Delft University of Technology (NL)	▪ Version démo seule disponible ▪ Prochaine version incertaine ▪ Gratuit ; ne sera jamais commercialisé ▪ Utilisation par quelques responsables environnement (Sony, Philips)
EIME	Ecobilan Schneider Electric IBM Thomson Multimédia, Legrand Alcatel Alsthom Ademe (F).	▪ Commercialisé ; Version 1.4 ▪ Prochaine version : 1.5 (Mars 2000)
ELDA	Stanford University (USA) Ohio State University (USA)	▪ Prochaine version : mars 2000 ▪ Non commercialisé (pas dans les plans)
EuroMAT'98	Technical University of Berlin (D)	▪ Outil encore en développement (méthodologie terminée) ▪ Version sans doute disponible début 2001 ▪ Utilisation par Ford et Man Technology
Idemat '98	Delft University of Technology (NL)	▪ Version 2000 commercialisée prochainement ▪ Outil (base de données) envoyé à de nombreuses universités et entreprises dans le monde
ImSelection	Carnegie Mellon University (USA)	▪ Développé dans le cadre d'une thèse en 1994 mais jamais commercialisé.
LASeR	Stanford University (USA) Ohio State University (USA)	▪ Non commercialisé. Aucun travail sur LASER depuis 1995.
LEADS II	Delft University of Technology (NL)	▪ Encore en développement ; fin prévue en 2000 (projet de thèse)

Logiciel	Qui ?	Devenir ?
P2-EDGE	U.S. Department of Energy (DOE, USA)	▪ Version 2.0 ▪ Version 3.0 disponible au printemps 2000 ▪ Commercialisé mais fourni gratuitement aux agences du Gouvernement
ReGrEd/DisPlay	FAPS (Institute for Manufacturing Automation and Production Systems, D) Institute for Engineering Design, University of Erlangen-Nürnberg (D)	▪ Beta version disponible en Mars 2000 ▪ Coopération avec Motorola, Siemens, et Heidelberg
ReStar	Carnegie Mellon University (USA)	▪ ?. CMU ne supporte plus le logiciel.

ANNEXE 5 : PRESENTATION DU LOGICIEL ECOSCAN

Les copies d'écran qui suivent concernent la version 2.1 du logiciel qui dispose de la base de données Eco-indicator '97.

Base de données "Matériaux thermoplastiques" :



Base de données "Process des plastiques" :

EcoScan 2.1 for Windows - ES-97 (Escan97.mdb)

File Edit View Wizards Database Extra Window Help

Product name

Production | Usage | Disposal

Functional unit: 3 yr usage

Description	Amo...	EI-95 (m...	Costs (U...	Weight (...
Total for this phase:		0.00	0.00	0.00

No item selected

ES-97 (Escan97.mdb)

Material | Processes | Usage | Transportation | Packaging | Disposal

Description	Unit	EI-95 (...	Density (kg/m3)
Metals			
Plastics			
Turning / drilling	dm3	0.19	0
Blowing	kg	0.70	0
Calendering	kg	0.42	0
Foil extrusion	kg	0.31	0
Injection moulding, general	kg	0.70	0
Injection moulding, PE/PP/PS	kg	0.61	0
Injection moulding, PVC/PC	kg	1.30	0
Pressure forming	kg	0.19	0
Vacuum forming	kg	0.27	0
Ultrasonic welding	m	0.00	0
Foil extrusion	m2	0.04	0
Surface treatments			

Click here to enter general information about the folder 'Processes'

NUM

Démarrer | Carnet d'a... | Boîte de r... | EIME Exp... | W:\Outils\... | X:\Fabric... | EcoSca... | Microsoft ... | W:\Outils\... | 17:04

Base de données "Mode de production énergétique (pour la phase d'utilisation) " :

EcoScan 2.1 for Windows - ES-97 (Escan97.mdb)

File Edit View Wizards Database Extra Window Help

Product name

Production | Usage | Disposal

Functional unit: 3 yr usage

Description	Amo...	EI-95 (m...	Costs (U...	Weight (...
Total for this phase:		0.00	0.00	0.00

No item selected

ES-97 (Escan97.mdb)

Material | Processes | Usage | Transportation | Packaging | Disposal

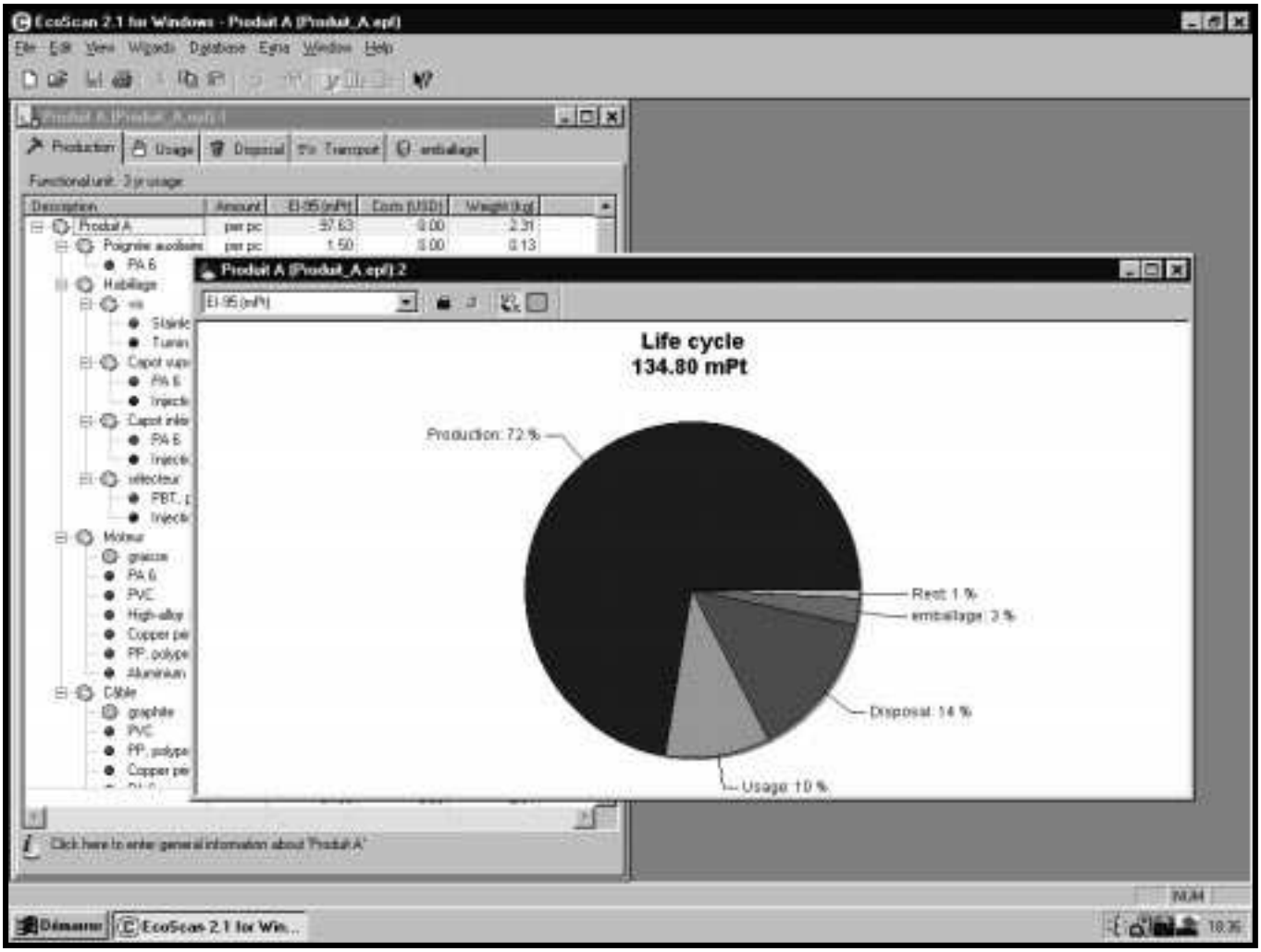
Description	Unit	EI-95 (...	Density (kg/m3)
Electricity			
Coal	MJ	0.39	0
Gas	MJ	0.10	0
Nuclear	MJ	0.01	0
Oil	MJ	0.57	0
Brown coal	MJ	0.39	0
Hydropower	MJ	0.00	0
High voltage (European aver	MJ	0.18	0
Med. voltage (European aver	MJ	0.18	0
Low voltage (European avera	MJ	0.21	0
Austria	MJ	0.09	0
Belgium	MJ	0.12	0
France	MJ	0.05	0
Greece	MJ	0.41	0
Western Germany	MJ	0.22	0
The Netherlands	MJ	0.22	0
Italy	MJ	0.34	0
Poland	MJ	0.31	0
Spain	MJ	0.18	0
Switzerland	MJ	0.01	0
Incineration			
Batteries			
Fuels			
Alternative sources			

Click here to enter general information about the folder 'Usage'

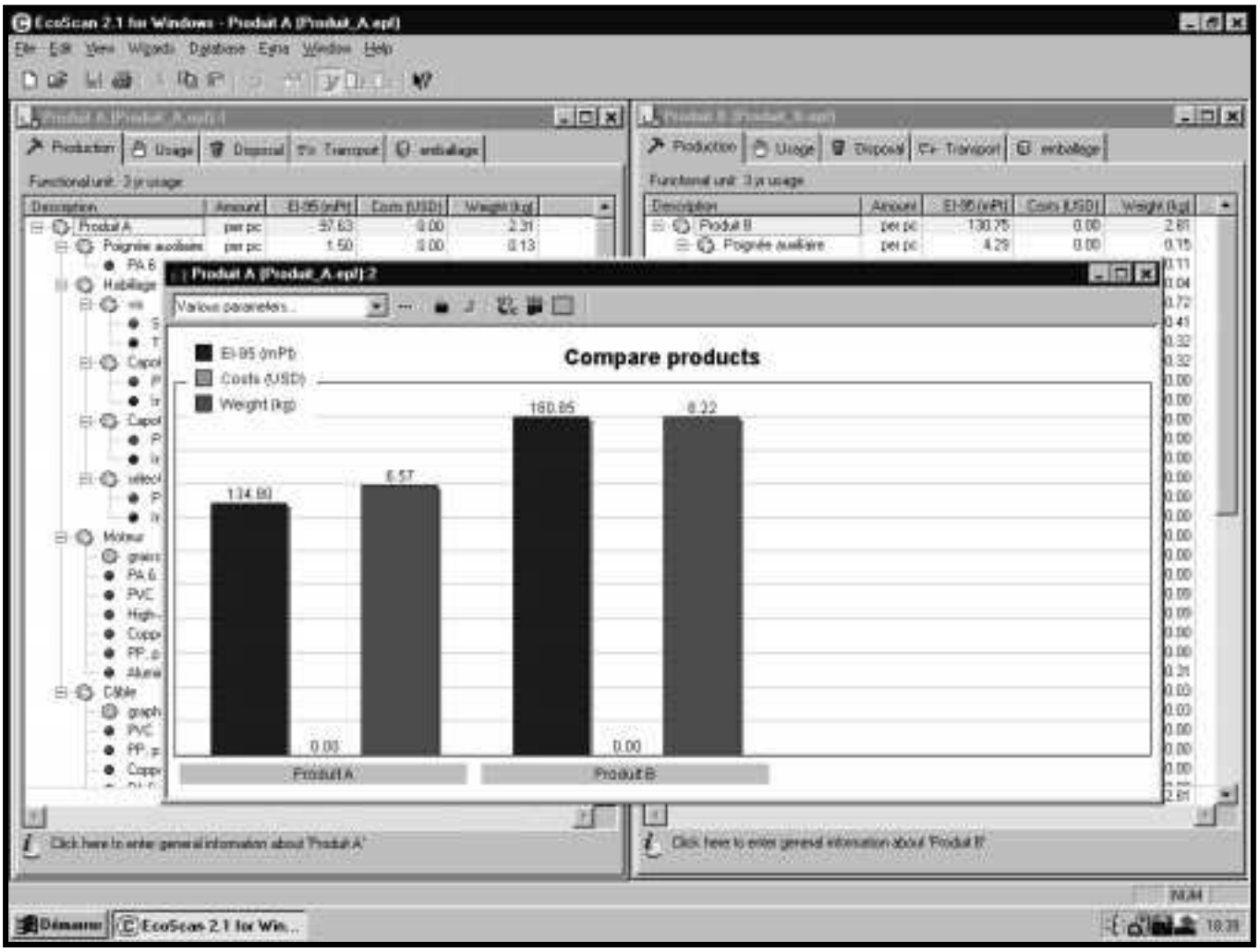
NUM

Démarrer | Carnet d'a... | Boîte de r... | EIME Exp... | W:\Outils\... | X:\Fabric... | EcoSca... | Microsoft ... | W:\Outils\... | 17:04

Arbre d'arborescence d'un produit fictif et exemple de diagramme en portion pour le cycle de vie du produit :



Comparaison, sous forme d'histogrammes, des éco-indicateurs globaux (pour le cycle de vie complet) et des poids de deux produits fictifs équivalents :



GRILLE D'EVALUATION D'ECOSCAN

VERSIONS 2.0 & 2.1

Critères	Sous-critères	Note	Commentaires
Convivialité	**Prise en main**	☺	Aisée. Système de glisser/coller pour utiliser les éco-indicateurs de la base de données.
	Présentation graphique	☺	Radars ou histogrammes très explicites.
	Souplesse	☺	Facilité à construire l'arborescence du produit.
	Aide	☺	Petit manuel d'accompagnement et assistance en ligne (***ecoscan@ind.tno.nl***)
Exigences en ressources	**Humaine**	☺	Pas d'aide particulière d'un expert. Un concepteur seul doit suffire.
	Financière	☺	Peu onéreux (prix d'une licence : environ 3200 FF).
	Matérielle	☺	Fonctionne sous Windows 95, 98.
Fiabilité	**Qualité des données**	😐	Lisibilité des bases de données.
	Visibilité	☹	Pas d'accès aux procédures de calcul des indices.
Exploitation des résultats	**Evaluation du produit**	☺	Evaluation basée sur la méthode ACV. Une notation environnementale globale.
	Amélioration du produit	😐	Plus ou moins facilitée par les représentations graphiques, sans que les axes d'amélioration soient proposés.
	Appropriation des résultats	☺	Graphiques ; simplicité des résultats.
Caractère évolutif	**Mise à jour**	☺	Evolution aisée de la base de données.
	Pérennité	☺	Organisme Suiveur : le TNO (NL) : fiable.
Adaptation à la mécanique	**Procédés**	😐	81 procédés : Mises en forme (64) ; Traitements de surface (17).
	Matériaux	😐	Métaux ferreux (7), métaux non ferreux (18) Thermoplastiques (18), thermodurcissables (1), élastomères (3), verre (2), composants semi-manufacturés (10), autres (19): gaz, produits chimiques …
	Filières de recyclage	😐	Recyclage (6) [pas les métaux non ferreux ??] ; incinération (9).

ANNEXE 6 : POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE DE PHILIPS

LA POLITIQUE GLOBALE DE PHILIPS EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT

La politique de Philips en matière d'environnement est tournée vers le vingt et unième siècle. Elle devient un élément essentiel dans les opérations de l'organisation toute entière. Depuis 1970, le management de Philips Electronics a formulé plusieurs lignes directrices en matière d'environnement. La politique globale a été exprimée une première fois en 1987 puis elle a été mise à jour en 1991. La présente déclaration engage toute l'organisation depuis le management jusqu'à l'atelier ; elle est appelée à vivre, à être revue et actualisée de façon à satisfaire la demande de nos partenaires et les exigences de l'environnement.

PHILOSOPHIE

Philips est convaincu que le développement durable est l'un des plus grands défis auxquels notre planète est confrontée. La compagnie s'engage à explorer en permanence les voies conduisant à un juste équilibre entre économie et souci écologique.

PRINCIPES DE BASE

Développement durable : trouver le meilleur équilibre entre impact environnemental et croissance économique.

Prévenir vaut mieux que guérir : éviter les accidents ayant un impact sur l'environnement.

Approche par le cycle de vie : depuis les matières premières jusqu'à la fin de vie, en passant par la production et l'utilisation des produits.

Coopération : avec les organisations gouvernementales et non-gouvernementales.

POLITIQUE

- Philips établit des objectifs réalistes sur les plans technique et économique, de façon à optimiser la performance environnementale de ses organisations produits, de ses services et de toutes ses activités.
  - En matière de développement de produits, les objectifs incluent : l'évaluation de l'impact environnemental sur tout le cycle de vie ; la prévision des étapes conduisant à une meilleure utilisation des matériaux, y compris pour les emballages ; la réduction, ou l'élimination, des substances dangereuses ; la réduction de la consommation d'énergie ; l'amélioration de l'aptitude au recyclage et à l'élimination en fin de vie.
  - En matière de production, les objectifs concernent les rejets dans l'air et dans l'eau, les consommations d'énergie et d'eau, et la gestion des déchets.
- Philips établit et maintient les systèmes de management de l'environnement et les audits de façon systématique et documentée pour s'assurer de l'amélioration continue.
- Philips est engagé à respecter toutes les réglementations qui s'appliquent et est prêt à participer à des accords volontaires.
- Philips communique sa politique environnementale à ses employés et à ses partenaires.
  Philips publie ses résultats dans des rapports sur l'environnement.
- Philips apprend à ses employés à œuvrer dans le cadre de sa politique environnementale.

Cor Boonstra
Président, Philips Electronics N.V.

ANNEXE 7 : PROGRAMME ECO-VISION DE PHILIPS 1998-2002

eco vision

Les cinq enjeux environnementaux

POIDS

SUBSTANCES DANGEREUSES

CONSOMMATION D'ENERGIE

RECYCLAGE ET ELIMINATION

EMBALLAGE

Le programme Eco Vision de Philips (1998 - 2002)

L'Impact Marketing

- L'environnement fait partie du positionnement de la marque Philips.
- Le développement des produits (Eco Design), le marketing et les ventes se focalisent sur l'un (ou sur plusieurs) des enjeux environnementaux suivants :

  Poids
  Substances dangereuses
  Recyclage et élimination
  Consommation d'énergie
  Emballage
- Chaque line of business identifiera en 1998 son " produit phare vert " (voir remarques ci-dessous).
- Chaque division aura à définir dès 1998 les pourcentages de son portefeuille de produits qui bénéficiera de l'Eco Design dans la période de 1999 jusqu'à 2001.
- Réduction de 15 % de l'emballage (en poids, et en comparaison avec celui du produit antérieur).

Remarques :

Les " produits phares verts " et les produits ayant bénéficié de l'Eco Design doivent en règle générale être comparés et améliorés sur la base des cinq enjeux environnementaux.

Objectifs d'amélioration pour la production

- Réduction de 35 % des déchets en 2002 (par rapport à l'année de référence 1994).
- Réduction de 25 % de la consommation d'eau en 2002 (par rapport à l'année de référence 1994).
- Réduction des substances dangereuses (par rapport à l'année de référence 1994)

  catégorie I 98 %
  catégorie II 50 %
  catégorie III 20 %
- Amélioration de 25 % des rendements energétiques en 2000 (par rapport à l'année de référence 1994).
- Certification ISO 14001 de tous les sites de production en 2000.

Contrôle du programme

- Compte rendu deux fois par an au GMC.
- Audits sur la fiabilité des données.

Communication externe

- Un rapport environnemental sera édité au début 1998 et fera l'objet d'une vérification externe.

© 1998 Philips Electronics N.V.

ANNEXE 8 : ETUDE DE BENCHMARKING ENVIRONNEMENTAL

Les documents ci-après représentent d'une part la grille à remplir au cours de l'étude de conception environnementale d'un produit, telle que nous l'avons créée et d'autre part une fiche de présentation synthétique des principaux résultats. Cette fiche pourra en particulier permettre de comparer plus aisément plusieurs produits Philips et concurrents.

Les grilles à remplir concernant toutes les caractéristiques du produit à définir selon les cinq critères du programme Eco-Vision sont les suivantes :

	DESCRIPTION		QUANTITE par Composant	MASSE unitaire des composants (g)	MASSE totale (g)	MATIERE	Traitement de surface	Code Matière	Marquage ? (Oui)	Remarques
Produit	12 NC (PHILIPS)	Désignation des composants	Nom du produit :					Fabricant :		
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					
Emballage					0,00					
					0,00					
					0,00					
					0,00					

Produit	
Nombre de composants	0
Nombre de types de composants	23
Nombre de matériaux	
Volume du produit (cm³)	
Masse totale du produit (g)	0,00
Masse de métaux ferreux (g)	0,00
% massique de matériaux ferreux	#DIV/0!
Masse de métaux non ferreux (g)	0,00
% massique de matériaux non ferreux	#DIV/0!
Masse de matières plastiques (g)	0,00
% massique de matières plastiques	#DIV/0!
Masse de composants complexes (g)	0,00
% massique de composants complexes	#DIV/0!
Masse des matériaux divers (g)	0,00
% massique de divers	#DIV/0!
Taux de recyclabilité du produit (%)	#DIV/0!

Emballage	
Nombre de composants	0
Nombre de matériaux	
Nombre(s) de fixation des composants	
Masse de l'emballage (g)	0,00
Volume de l'emballage (cm³)	
Vol Emb / Vol Produit	#DIV/0!
Masse de matières plastiques (g)	0,00
% massique de matières plastiques	#DIV/0!
Masse de carton (g)	0,00
% massique de carton	#DIV/0!
Masse des composants complexes (g)	0,00
% massique de composants complexes	#DIV/0!
Masse des matériaux divers (g)	0,00
% massique de divers	#DIV/0!
Taux de recyclabilité de l'emballage (%)	#DIV/0!

Fin de vie : Démontage						
Temps (s)						
Mots						
Outils nécessaires	Type	Nécessaire pour un DMC	Nécessaire conditionnel	Nécessaire plus	Facultatif	
	Nombre					
Mode de fixation des composants	Type					
	Nombre					
Liaison difficiles (sans pièces modifiées)	Type					
	Nombre					

Consommation d'énergie	
Consommation sur 1 an (kWh)	
Rendement d'utilisation (%)	

Substances toxiques	
Présence de substances dangereuses	

La fiche des résultats principaux se présente de la manière suivante :

Nom du produit étudié :			
Masse du produit (g) :	0	Temps de démontage (s) :	0
Consommation d'énergie sur 1 an (kWh) :	0	Nombre d'outils nécessaires :	0
Rendement d'éclairement (%) :	0	Nombre de vis utilisées :	
Nombre de composants :	0	Masse de l'emballage (g) :	0,00
Nombre de matériaux :	0	Volume emballage (dm^3) :	0,00
Taux de recyclabilité du produit (%) :	#DIV/0!	Vol Emballage / Vol Produit :	#DIV/0!

Etude réalisée

par :

le :

ANNEXE 9 : GUIDELINES CONCEPTEUR

EXTRAITS DES REGLES GENERALES DE DEVELOPPEMENT INTEGRANT LE PARAMETRE ENVIRONNEMENT

1. Objectif

Cette procédure a pour but de définir des règles générales de développement.
Les instructions pour la conception et le montage des produits vont permettre de respecter les règles d'Ecodesign.
Ce sont des lignes directrices conçues pour aider les concepteurs dans leur démarche. En aucun cas elles ne sont obligatoires.

2. Application

Cette procédure s'applique aux nouveaux produits standard catalogue.

3. Responsabilité

La maintenance de cette procédure est de la responsabilité du Responsable du service Bureau d'Etudes.
L'application est de la responsabilité du Chef de Projet lors de la conception des nouveaux produits.

4. Instructions

4.1. Instructions générales

4.1.1. Achats de composants
4.1.2. Sous traitance en développement

4.2. Emploi des matériaux (produits et emballages)

4.2.1 Substances interdites dans les produits et process de fabrication

L'utilisation, **dans les produits**, des substances suivantes est interdite, d'après la Directive de Philips Eclairage, **ULV-0087** :

	Utilisations principales
Amiante	
Beryllium et ses composés	**Dans les matériaux ressorts, emballages élastiques**
Cadmium et ses composés (UD-D 1597)	**Dans les peintures, batteries et accumulateurs**
PCBs, PCTs et DBBT (UD-D 1675)	**Dans les condensateurs et transformateurs**
PBBEs et PBBs (UD-D 1785)	**Ignifugeants dans les plastiques**
PVC et PVDC	**Dans les câblages et les emballages** ***(toléré dans les câblages)***

PCBs : Polychlorobiphényles ; PCTs : Polychloroterphényles
DBBT : Monométhyldibromobiphénylméthane
PBBEs : Polybromobiphényléthers ; PBBs : Polybromobiphényles

Dans les process, les substances suivantes sont interdites :

	Utilisations principales
Amiante	
CFCs / Fréons	**Nettoyants de surface, dégraissants, produits dissolvants (pour colle, laque, …**
CHCs / Hydrocarbures chlorés (UD-D 1787)	
Tétrachloroéthène (PER)	
Trichloroéthène (TRI)	
Dichlorométhane	
1,2-dichloroéthane	
Trichloro 1,1,1 Ethane	
Tétrachlorométhane (TETRA)	
Trichlorométhane	

CFCs : Chlorofluorocarbures
CHCs : Hydrocarbures halogénés

4.2.2 Substances limitées ou déconseillées dans les produits et les process

L'utilisation d'autres substances est limitée ou déconseillée dans les produits et les process.
Ce sont les substances des listes A et B, d'après la Directive de Philips Eclairage, **ULV-0088** : pour plus d'informations, se reporter à cette Directive.

Remarque : Pour connaître la liste complète des substances des listes A et B, ainsi que celles de la liste C (substances dont la quantité peut engendrer des problèmes environnementaux), se reporter à la Directive **UT-D 1800** : « *Philips Environmental Checklist* ».

- Substances de la liste A (limite de concentration autorisée : 1 ppm) :

Dans les produits :

Antimoine et ses composés	Tellurium et ses composés
Arsenic et ses composés	Thallium et ses composés
Cobalt et ses composés	Krypton -85
Plomb et ses composés	Thorium
Mercure et ses composés	Tritium
Sélénium et ses composés	

Remarque : Mercure et **Plomb** sont des **métaux lourds** susceptibles d'être utilisés dans les **peintures** et **encres**, **huiles** et **lubrifiants**.

Dans les process :

Chrome et composés du chrome VI	Benzène
Cyanures	Toluène
	Xylènes

- Substances de la liste B (limite de concentration autorisée : 100 ppm) :

Dans les produits :

Argent et ses composés	Phénol et ses composés
Baryum et ses composés	Phosphore et composés inorganiques
Bore et ses composés	Terres rares et leurs composés
Chrome et composés du chrome III	Tétrabromobiphénol -A
Cuivre et ses composés	Titane et ses composés
Etain et composés organiques	Tungstène et ses composés

Fluor et composés fluorés	Vanadium et ses composés
Indium et ses composés	Zinc et ses composés
Molybdène et ses composés	Composés aromatiques et polyaromatiques
	Goudrons, bitumes
Nickel et ses composés	Autres substances éco-toxiques

Dans les process :

Ammoniac et composés de l'ammonium	Iodates
Bromates	Isocyanates
Bromures	Méthanal (ou formaldéhyde)
Butylacétate	Nitrates / Nitrites
Chlorates	Nitrogénoxydes
Chlore	Styrène
Fluor et composés fluorés	Sulphures
Huiles minérales	Sulfuroxydes
Huiles de forage, de coupe, de broyage, de laminage	

4.2.3 Marquage des matériaux des composants

Pour de plus amples informations se reporter aux suivantes normes :

UN-D 1792 « Environmental marks, labels and symbols »

DIN 6120 « Marking of packaging materials and packages for reclaiming respectively recycling, part 1 and 2 »

DIN 7728 « Plastics ; symbols and codes, part 1 »

DIN 30600 « Graphical symbols ; registration, designation »

ISO 1043-1 « Plastics – symbols – Basic polymers and their special characteristics »

ISO 11469 « Generic identification and marking of plastic products »

Ce marquage va permettre d'identifier les matériaux utilisés dans les produits et les emballages et la possibilité de les valoriser ou éliminer plus facilement en fin de vie.

- **Identification ou marquage des pièces spécifiques** :

Lors de la fabrication de nouvelles pièces, l'identification intègre :

- Le 12 NC avec dernier digit amovible,
- Un dateur mois et année, soit sous forme de tableau, soit sous forme de pion pour la date de fabrication,
- Un code matière et un logo recyclage.

D'après la Directive de Philips Eclairage **ULV-0090**, le marquage de la matière est **OBLIGATOIRE**. Il concerne en particulier les composants plastiques **de plus de 25 g**.

Dans la mesure où les dimensions et la forme de la pièce le permettent :

- *Pour tout composant plastique moulé :*

Il consiste en 3 flèches pleines repliées en triangle, avec l'identification du matériau utilisé : le nom du matériau sous le triangle, comme dans l'exemple de la figure suivante :

Exemple d'un composant en ABS :

>ABS<

Exemple d'un composant en PC avec 10 % de fibre de verre :

>PC – GF 10<

- *Pour tout composant métallique moulé :*

Le marquage est identique aux composants plastiques avec le nom du métal ou de l'alliage apposé sous le logo.

Exemple d'un composant en alliage de zamak :

>Z5<

* Pour les désignations des métaux, se reporter au « **Guide du Dessinateur Industriel** » (*A. Chevalier*).

Remarque : Techniques de marquage : Les étiquettes sont à éviter !

- Impression à chaud, avec jet d'encre
- Au cours du moulage par injection
- Gravure au laser en relief ou en creux

- Poinçonnage à chaud

Dans la mesure où les dimensions et/ou la forme de la pièce ne le permettent pas :

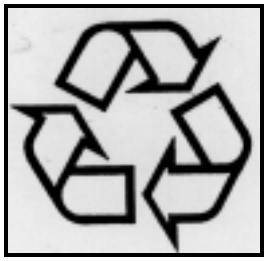
Le logo « matière » étant difficile à apposer, le marquage des pièces moulées plastiques ou métalliques s'effectue de la manière suivante :

- Marquage des pièces « monomatière » :
  Pour un composant en PC : **>PC<**
  Pour un composant en zamak : **>Z5<**
- Marquage des pièces avec mélange de plastiques :
  Pour un composant avec mélange ABS et PC : **>ABS + PC<**
- Marquage des pièces en plastique chargé :
  Pour un polypropylène chargé 10% fibre de verre : **>PP – GF 10<**
- Marquage des alliages métalliques :
  Pour un alliage d'aluminium avec 10% de silicium et addition de magnésium :
  >A – S 10 G<

- **Marquage des matériaux d'emballage** :

D'après les Directives **UN-D 1792/01** de Philips et **ULV-0090** de Philips Eclairage :

Marquage du recyclage : Il consiste en 3 flèches « évidées » repliées en triangle, comme le montre la figure ci-après.



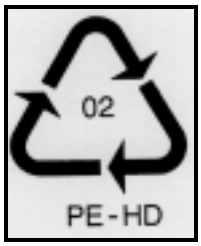
Ce logo devrait être utilisé sans aucune autre indication de matériau pour le marquage des emballages en carton, papier **de plus de 50 g** et les matériaux d'emballage.

Marquage matière : il concerne le marquage des composants d'emballage plastique **de plus de 5 g**.
Il consiste en 3 flèches pleines repliées en triangle, avec l'identification du matériau utilisé : code de famille (2 chiffres) à l'intérieur du triangle et nom du matériau dessous.
Le code de famille de matière utilisé est confirmé par le fournisseur et indépendant du nom commercial.

Le tableau suivant présente les types de plastiques avec leur code correspondant :

Code de marquage	**01**	**02**	**03**	**04**	**05**	**06**	**07**
Type de plastique	**PET**	**PE-HD**	**PVC**	**PE-BD**	**PP**	**PS**	**Autres**

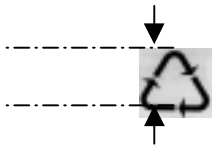
Exemple avec un emballage en PE-HD :



<u>Localisation des marquages (recyclage et matière)</u> : Visibles et en surface de l'emballage ou du matériau d'emballage.

<u>Tailles minimales de marquage</u> : d'après la norme **NF EN 60598-1**, section 3 : Marquage des luminaires :

5 mm de haut pour les symboles de recyclage



5 mm

2 mm de haut pour les identifications de matière

2 mm

<u>Surface minimale de pièce</u> : 1 dm^2.

☛ **<u>Cas particulier</u> : Si le marquage matière standard est impossible pour des problèmes de dimensions, le marquage du matériau d'emballage plastique peut être le suivant (d'après la norme ISO 11469) :**

Exemples : Pour un acrilonitrile-butadiène-styrène : **>ABS<**

Pour un mélange PC et ABS : **>PC + ABS<**

Pour un polypropylène chargé à 10% fibre de verre : **>PP – GF 10<**

4.2.4 Spécifications générales sur l'utilisation des matériaux

- **Préserver les ressources naturelles**

  - ✓ Utiliser des matériaux renouvelables et éviter au maximum l'emploi de matériaux rares.
  - ✓ Utiliser des matériaux recyclés (cas des métaux de 2ème fusion).
  - ✓ Utiliser des matériaux résistants à la corrosion et durables.

- **Limiter la consommation d'énergie**

  - ✓ Utiliser des matériaux de faible contenu énergétique (peu d'énergie consommée lors de leur mise en œuvre).

- **Limiter les impacts sur l'environnement, la santé, la sécurité**

  - ✓ Utiliser des matériaux non toxiques.
  - ✓ Réduire l'emploi de matériaux engendrant de fortes émissions et des déchets en cours de production.
  - ✓ Choisir des matériaux légers.

- **Faciliter les traitements en fin de vie des produits**

  - ✓ ***Limiter autant que possible le nombre de matériaux différents dans les produits*** (sans pour autant compromettre certaines conditions de tenue en température pour des raisons de sécurité).
  - ✓ Choisir des matériaux recyclables.
  - ✓ Réduire dans la mesure du possible l'utilisation d'alliages.
  - ✓ Réduire dans la mesure du possible l'utilisation de matériaux composites.
  - ✓ Préférer l'emploi de thermoplastiques aux thermodurcissables, non recyclables.
  - ✓ Réduire l'utilisation de thermoplastiques chargés
  - ✓ Préférer l'emploi de matériaux « classiques » aux matériaux spécifiques plus difficiles à recycler.
  - ✓ ***Utiliser des matériaux compatibles*** : s'ils sont inséparables en fin de vie du produit, ils peuvent néanmoins être traités dans la même filière (métaux d'une part, plastiques d'autre part).

La figure suivante représente le tableau de compatibilité des plastiques :

COMPATIBILITE DE RECYCLAGE DES MELANGES THERMOPLASTIQUES

+	Bonne compatibilité
■	Compatible si petit volume d'additif (moins de 2%), à éviter si possible
-	Incompatible, à éviter absolument

plastique majoritaire \ plastique additif	ABS	ASA,SAN	PA	PBT	PC	HDPE	PMMA	POM	PP	PPE/ S-B	PS	TPU
ABS		+	-	-	+	■	+	-	■	■	■	+
ASA,SAN	+		-	-	+	■	+	-	■	■	■	+
PA	■	■		■	-	■	■	-	■	■	■	+
PBT	■	■	■		+	-	■	-	■	■	■	■
PC	+	+	-	+		-	+	-	■	■	■	+
HDPE	-	-	-	-	-		■	■	■	■	■	■
PMMA	+	+	-	-	+	■		-	■	■	■	+
POM	■	■	-	-	-	■	-		■	■	■	+
PP	■	■	-	-	■	■	■	■		■	■	■
PPE/ S-B	■	■	-	-	■		■	-	■		+	■
PS	■	■	-	-	■	■	■	-	■	+		■
TPU	+	+	-	-	■	■	■	-	■	■	■	

- ✓ Eviter les inserts métalliques dans les pièces plastiques.
- ✓ Eviter autant que possible les plastiques peints ou métallisés, difficiles à recycler.
- ✓ Eviter les étiquettes adhésives sur les pièces plastiques ; l'adhésif peut dégrader les propriétés du plastique.

4.3. Structure des produits

Il va s'agir de simplifier les produits pour faciliter leur montage et leur démontage.

4.3.1. Instructions lors de la conception

- ***Minimiser la masse et le volume des produits (volume en dm³)***
- ***Minimiser le nombre de composants*** (*cela peut éviter certains oublis au montage !*)
- ***Privilégier une structure modulaire*** : possibilité de modifier, ajouter ou éliminer des fonctions ou sous-ensembles.
- Utiliser au maximum des pièces communes.
- Eviter l'emploi, sur un même produit, de pièces très similaires (sinon, il faudra penser aux détrompeurs de type poka-yoké lors du montage).
- Personnaliser les produits uniquement au dernier moment.
- Regrouper les pièces réutilisables et faciliter leur accès.
- Faciliter le nettoyage : éviter les endroits inaccessibles dans la mesure où cela n'interfère pas avec les règles fondamentales de sécurité.

- Faciliter la réparation et la maintenance : regrouper les pièces fragiles et faciliter leur accès.
- Penser aux encombrements des différents outillages utilisés :

4.3.2. Instructions par rapport au process de peinture

- ***Eviter le plus possible les pièces peintes***, ce qui ne facilite pas le recyclage. Sinon, dans le cas des pièces plastiques, éviter l'emploi de plusieurs couleurs différentes sur un même produit. Cela pose des problèmes de coloration des plastiques recyclés (impossibilité de choisir leur couleur).
- Eliminer les peintures contenant des métaux lourds (Pb, Cd, ...) et privilégier les peintures avec solvants non toxiques ou à l'eau.
- ...

4.3.3. Instructions par rapport à la mécanique

4.4. Connexions entre composants

Le mode de connexion des différents composants du produit a de nombreuses incidences sur la facilité de montage et les possibilités de démontage en cours d'utilisation (réparation éventuelle) ou en fin de vie.

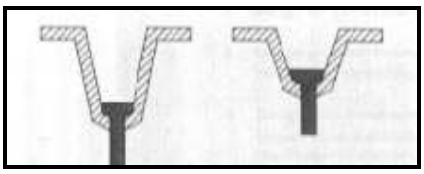
- ***Minimiser le nombre de connexions et faciliter leur désassemblage.***
- Faciliter l'accès aux connexions (mains, outils).
- Augmenter la visibilité des connexions.
- ***Uniformiser leur type autant que possible.***
- Privilégier des connexions standard.
- Utiliser des connexions résistantes à la corrosion.
- Eviter les connexions nécessitant le démantèlement (démontage destructif) : soudures, sertissages, rivets, colles, ...
- ***Privilégier les clips ou les vis (standard), connexions plus faciles à démonter.***
- Utiliser le maximum de vis avec la même empreinte.
- Eviter les vis à têtes fendues ; privilégier les vis de type PZ, CHC, TORX, ... (démontage plus rapide).
- Limiter le nombre d'outils nécessaires au montage et au démontage.
- Privilégier les outils standards pour le montage et le démontage.
- Choisir des liens en matériaux compatibles avec les composants connectés (s'ils ne sont pas séparables). Ils seront ainsi traités en fin de vie dans la même filière.
- Pour 2 pièces plastiques dont un thermoplastique, il est possible de prévoir :

  - un lien par ultrason ou rivetage, dans la mesure où les 2 pièces sont du même matériau (elles seront recyclées ensemble),
  - un lien par solvant entre 2 pièces de matériaux similaires (recyclage possible).
- Standardiser les connexions P T N sur tous les dominos ou borniers (phase, terre, neutre).

En bref, voici quelques conseils pour minimiser les temps de désassemblage :

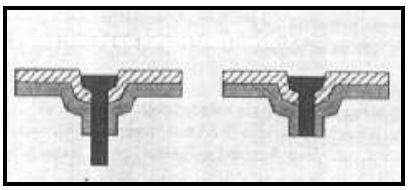
- **<u>Pour les vis</u>** :

  - Les rendre visibles et aisément accessibles



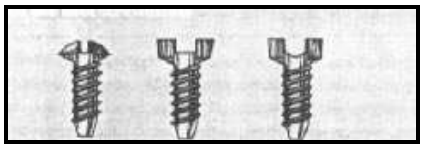
18.5 s **6.5 s**
(si vis plus profonde que 10 cm)

  - Les choisir à la longueur nécessaire



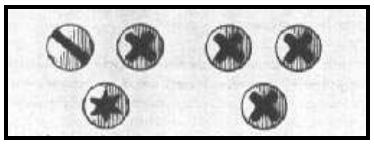
11 s **6.5 s**
(vis de plus de 10 cm) **(vis de moins de 5 cm)**

  - Choisir des têtes adaptées



OK **mieux** **mieux encore !**

  - Utiliser un seul type de vis par produit



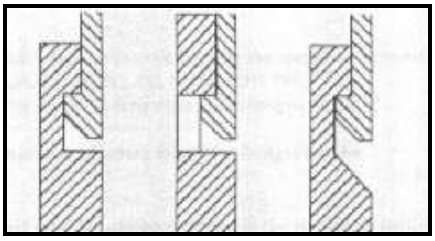
4s **0 s**

(par changement de vis)

- Préférer des vis en métal ferreux

- **<u>Pour les clips</u>** :

  - Les rendre visibles et aisément accessibles

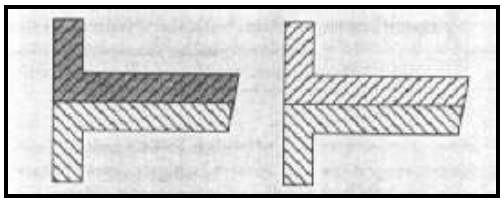


Non visible **Visible depuis la gauche (7.5 s)** **Visible depuis la droite (7.5 s)**

  - Préférer des clips démontables (éviter ainsi les clips que l'on peut casser lors d'opérations de maintenance ou de démontage)

- **<u>Pour les joints de colle</u>** :

  - Utiliser des colles compatibles avec les matériaux à recycler



Différents matériaux devant être séparés (12s) **Même matériau (pas de séparation) OK si co-recyclage possible**

4.5. Emballages

4.5.1. Instructions générales
4.5.2. Instructions pour des emballages respectueux de l'environnement

D'après les Directives **94/62/CE**, PHILIPS **UN-D 1773** et PHILIPS Eclairage **ULV-0093** :

- ***Réduire autant que possible volume et poids de l'emballage***.

☛ Attention, l'emballage doit bien entendu garder ses propriétés de protection du produit : il doit répondre aux tests de chute.

- ***Privilégier un emballage monomatière chaque fois que cela est possible***.
- Dans le cas d'un emballage multi-matériaux, prévoir la séparabilité ou la compatibilité des matériaux, lors du recyclage en fin de vie.
- Respecter les listes des substances interdites et limitées ou déconseillées (A et B), comme dans le cas des produits (cf paragraphe 4.1).
- Utiliser le plus possible de matériaux recyclables.
- Utiliser du carton composé d'une part importante de matière recyclée.

ANNEXE 10 : EXEMPLE DE CHECK-LIST D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Des check-lists suivantes peuvent être utilisées par le Bureau d'Etude pour évaluer rapidement les produits existants ou en cours de conception (listes pouvant être utilisées lors des revues de conception à la fin des phases Faisabilité, Conception et Développement), et éventuellement les produits concurrents.

Chacune des check-lists correspond à un axe d'éco-conception que Philips aura pu choisir comme axe stratégique de travail (dans le cadre de sa politique environnementale).

Ce sont les axes suivants :

- *Préservation des ressources naturelles* — ***EcoVision (1)***
- *Limitation de l'emploi de substances dangereuses (voire élimination)* — ***EcoVision (2)***
- *Minimisation de la consommation d'énergie en cours d'utilisation du produit* — ***EcoVision (3)***
- *Durabilité du produit* — ***EcoVision (1)***
- *Caractère réutilisable du produit*
- *Caractère désassemblable du produit*
- *Caractère recyclable des matériaux du produit*

  } ***EcoVision (4)***
- *Emballage vert* — ***EcoVision (5)***

Chaque axe correspond à un critère ***Eco-Vision*** désigné par le programme EcoVision :

(1) Masse (diminution d'où limitation de la consommation de ressources naturelles)
(2) Substances toxiques
(3) Consommation d'énergie
(4) Recyclabilité / Fin de vie (Optimisation de la fin de vie des produits ; accroissement de leur recyclabilité)
(5) Emballage

☛ Indications pour remplir une check-list :

Pour chaque critère proposé, il suffit de cocher la case correspondant à la situation la plus proche du cas traité.
En fin de grille, il suffira de comptabiliser pour chacune des colonnes A, B et C, le nombre de cases cochées. A partir de ces résultats, il pourra être décidé de poursuivre dans la même voie, si la situation s'avère "idéale" pour la stratégie d'éco-conception retenue ou de retourner à la phase précédente dans le cas de points à revoir.

Soit un exemple de check-list à remplir :

☛ Durabilité du produit

Critères	Pertinent pour le produit	Caractéristiques	A	B	C	Pas de donnée
Fiabilité	❒	Supérieure à la moyenne	❒			❒
		Dans la moyenne des produits existants		❒		
		Inférieure à la moyenne			❒	
Usure	❒	Faible en utilisation normale et concernant seulement les composants aisément remplaçables	❒			❒
		Moyenne et concernant seulement des composants remplaçables		❒		
		Importante sur des composants non remplaçables			❒	
Utilisation de modules	❒	Structure modulaire	❒			❒
		Structure partiellement modulaire		❒		
		Structure complexe			❒	
Adaptation technologique	❒	Conception adaptable aux développements futurs	❒			❒
		Adaptation possible		❒		
		Adaptation impossible			❒	
Facilité de nettoyage	❒	Nettoyage aisé	❒			❒
		Coût du nettoyage acceptable		❒		
		Nettoyage impossible			❒	
Maintenance	❒	Pas de maintenance nécessaire	❒			❒
		Maintenance peu coûteuse		❒		
		Maintenance coûteuse			❒	
Réparation	❒	Réparation facile et économique	❒			❒
		Coût de réparation acceptable		❒		
		Réparation impossible			❒	
Evaluation						
	A	**Situation idéale**				
	B	**Situation acceptable**				
	C	**Besoin d'agir**				