



HAL
open science

L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation - Proposition de l'outil EcoASIT pour favoriser l'éco-idéation de systèmes durables

Benjamin Tyl

► To cite this version:

Benjamin Tyl. L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation - Proposition de l'outil EcoASIT pour favoriser l'éco-idéation de systèmes durables. Mécanique [physics.med-ph]. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2011. Français. NNT: . tel-00662434

HAL Id: tel-00662434

<https://theses.hal.science/tel-00662434v1>

Submitted on 24 Jan 2012

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.



THÈSE

PRÉSENTÉE A

L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGENIEUR

Par Benjamin TYL

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

SPÉCIALITÉ : Mécanique et Ingénierie

L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation Proposition de l'outil EcoASIT pour favoriser l'éco-idéation de systèmes durables

Directeur de thèse : Jérémy LEGARDEUR

Co-directeur de thèse : Dominique MILLET

Soutenue le : 13 décembre 2011

Devant la commission d'examen formée de :

M. YANNOU Bernard	Professeur	École Centrale de Paris	Rapporteur
Mme ZWOLINSKI Peggy	Professeur	INP Grenoble, Laboratoire G-SCOP	Rapporteur
M. LE POCHAT Stéphane	Docteur	Responsable projet R&D EVEA	Examinateur
M. PERRY Nicolas	Professeur	Arts et Métiers ParisTech Bordeaux	Examinateur
M. LEGARDEUR Jérémy	Professeur	ESTIA – IMS Bordeaux 1	Directeur
M. MILLET Dominique	Professeur	SUPMECA Toulon	Co-directeur
M. FALCHI André	Docteur	Consultant	Invité

REMERCIEMENTS

Je voudrais avant tout remercier l'ensemble des personnes qui m'ont aidé, de près ou de loin, à mener à bien ma thèse.

Je souhaite remercier Jérémy Legardeur pour m'avoir encadré durant ces trois années. Ses conseils, sa vision du sujet, et la confiance qu'il m'a accordée ont largement contribué à la réalisation de cette thèse. Merci Jérémy pour tout le temps que tu m'as consacré et pour ton soutien.

Je remercie également Dominique Millet d'avoir co-encadré ma thèse. Malgré la distance géographique, les conseils qu'il m'a prodigués ainsi que nos discussions variées m'ont fait avancer dans ma réflexion.

Merci à vous deux pour cette expérience particulièrement enrichissante. Vos approches respectives m'ont donné le goût de la recherche.

Je remercie l'ensemble des membres du jury, M. Bernard Yannou et Mme Peggy Zwolinski d'avoir accepté d'être rapporteurs, M. Nicolas Perry d'avoir accepté de présider le jury, M. Stéphane Le Pochat d'avoir accepté d'être examinateur, et enfin M. André Falchi d'avoir accepté l'invitation mais aussi d'avoir été l'encadrant industriel de la thèse et m'avoir accordé sa confiance.

Je remercie la structure d'accueil de cette thèse, APESA, de m'avoir offert des conditions exceptionnelles pour réaliser mes travaux. Plus particulièrement, je remercie le pôle APESA-Innovation, au sein duquel j'ai été intégré.

Un grand merci à Cyril, à Valentin et Stéphanie arrivés en cours de route, mais également à Franck, Bertrand et Romain, le futur docteur ... courage !

Une mention particulière à la britannico-landaise Nathalie pour sa disponibilité, sa bonne humeur, les différentes discussions (« *consommer ou ne pas consommer ?* »)..., elle a largement contribué au bon déroulement de ces 3 années passées au sein du pôle.

Merci à vous tous pour cette ambiance de travail.

Je remercie également l'ESTIA, et plus particulièrement son directeur Jean Roch Guiresse pour sa disponibilité.

Je remercie aussi l'ensemble des personnes ayant contribué à enrichir ces travaux et/ou participé aux différents tests effectués : SolidCreativity, Réseau National EcoSD, l'UTT, Renault, membres du projet CREATINN...

Une thèse, c'est avant tout un ensemble de rencontres. Je remercie les différents thésards que j'ai pu rencontrer durant ces 3 ans. Merci à vous pour toutes ces discussions et débats passionnés que nous avons eus. J'adresse des remerciements particuliers à Flore pour toute l'aide qu'elle m'a apportée.

Je pense aussi à mes amis de Lyon, Grenoble, Chambéry, Paris, Biarritz ... Ils se reconnaîtront. Merci Fouad pour ta vision extrême et enrichissante de l'éco-conception !

Enfin, je conclurai en ayant une pensée pour ma famille, mes parents, mes frères, oncles et tantes qui m'ont soutenu pendant toute ma scolarité et particulièrement ces trois dernières années.

RESUME

L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation Proposition de l'outil EcoASIT pour favoriser l'éco-idéation de systèmes durables

Aujourd'hui les challenges portés par le développement durable nécessitent de développer de nouvelles offres et de nouveaux usages dans le cadre d'un processus d'éco-innovation intégrant les approches environnementales et sociétales.

Cette thèse a pour objectif d'étudier l'intérêt d'utiliser des outils d'aide à la créativité afin d'instrumenter les phases de génération d'idées et de nouveaux concepts lors des processus d'éco-innovation.

A partir d'un état de l'art sur le concept d'éco-innovation et sur les outils d'aide à l'éco-innovation, nous montrons ainsi que, s'il existe de nombreux outils, peu d'entre eux sont précisément focalisés sur la phase de génération d'idées, ou idéation. De même, peu d'entre eux permettent de stimuler l'ensemble des axes du développement durable.

Pour répondre à cette lacune, nos recherches s'appuient sur une adaptation de l'outil de créativité ASIT en EcoASIT.

Cette adaptation est argumentée sur le plan conceptuel en montrant les affiliations théoriques entre les deux outils et sur le plan expérimental en présentant les résultats de nos différentes expérimentations. Nous montrons ainsi que l'outil EcoASIT présente un fort potentiel dans le processus d'éco-innovation en proposant de stimuler efficacement les phases d'idéation sur l'ensemble des axes du développement durable.

Mots clés: éco-conception, éco-innovation, innovation, créativité, éco-idéation, expérimentation, ASIT, EcoASIT

ABSTRACT

Contribution of creativity in the eco-innovation process Proposition of an EcoASIT tool to foster the eco-ideation of sustainable systems

Today the challenges of sustainable development require new offers and new uses to be developed within the framework of an eco-innovation process, integrating environmental and societal approaches.

The aim of this thesis is to study the advantages of using creativity tools to foster new concepts and idea generation phases in eco-innovation processes.

From a state of the art of the concept of eco-innovation and of the eco-innovation tools, we show that although there are many tools, few of them actually focus on the idea generation stage, or ideation, and few make it possible to stimulate all the axes of sustainable development.

To fix this, our research relies on an adaptation of the creativity ASIT tool to EcoASIT.

This adaptation is defended conceptually by showing the theoretical affiliations between the two methods, and experimentally by presenting the results of our different tests. We prove that the EcoASIT tool has great potential in terms of eco-innovation by efficiently stimulating the ideation stages with regard to all the aspects of sustainable development.

Key words: eco-design, eco-innovation, innovation, creativity, eco-ideation, experimentation, ASIT, EcoASIT.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE 1. Quelles réponses face aux enjeux environnementaux ?	19
1.1. Etat des lieux	21
1.1.1. Un mode de vie non soutenable	21
1.1.2. Des impacts multiples	21
1.1.3. Vers un indicateur unique ?	23
1.2. Le développement durable	24
1.2.1. L’ambiguïté du concept de développement durable	24
1.2.2. L’intégration du développement durable en entreprise.....	26
1.3. La conception comme réponse aux enjeux du développement durable.....	28
1.3.1. Une approche résolution de problème	28
1.3.2. Une approche prescriptive	29
1.3.3. L’approche « Réflexion-action ».....	30
1.3.4. Synthèse	30
1.4. De la conception à l’éco-conception	30
1.4.1. Pourquoi une remise en cause de la conception ?	30
1.4.2. Les différentes intégrations de l’environnement dans le processus de conception	33
1.4.3. Focus sur l’éco-conception.....	39
1.4.4. Outils d’analyse environnementale et d’éco-conception	40
1.5. Les limites des approches actuelles	44
1.5.1. L’intégration tardive de l’éco-conception dans le processus de conception.....	44
1.5.2. D’une étude décontextualisée vers une approche plus globale	46
1.5.3. Une vision technique de l’environnement.....	46
1.5.4. Synthèse	47
1.6. L’approche par l’innovation et la conception innovante	48
1.6.1. La conception innovante est une condition de l’innovation.....	48
1.6.2. Retour sur l’innovation.....	48
1.7. Modélisation de la conception innovante – la théorie C-K.....	50
1.8. Synthèse : Vers l’éco-innovation	52
CHAPITRE 2. De l’état de l’art sur l’éco innovation à notre problématique de recherche.....	55
2.1. Les Principes de l’éco-innovation	57
2.1.1. De l’éco-innovation au « Sustainable design »	57
2.1.2. Synthèse	60

2.2.	Retour sur des exemples d'éco-innovations	61
2.2.1.	Caractéristiques d'une éco-innovation en tant que résultat	61
2.2.2.	Présentation d'éco-innovations	64
2.2.3.	Synthèse	70
2.3.	Présentation des démarches et outils pour l'éco-innovation	72
2.3.1.	Tour d'horizon sur le développement des démarches d'éco-innovation	73
2.3.2.	L'éco-innovation à partir de cas d'études industriels	73
2.3.3.	Etat de l'art des outils d'éco-innovation	80
2.4.	Synthèse de l'état de l'art	99
2.5.	Vers une problématique sur les phases d'idéation en éco-innovation.....	100
2.6.	Vers une stimulation des différents aspects du développement durable	101
CHAPITRE 3.	Approche méthodologique	105
3.1.	Méthodologie de recherche	107
3.2.	Revue des outils de créativité existants – Mise en perspective de l'outil ASIT.....	109
3.2.1.	La créativité et ses outils	110
3.2.2.	Présentation des outils.....	112
3.3.	Les approches SIT (Structured Inventive Thinking) et ASIT (Advanced Systematic Inventive Thinking).....	117
3.3.1.	Synthèse et choix de l'outil ASIT	119
3.3.2.	Historique des extensions ASIT	121
3.4.	Stratégies d'adaptation vers un outil d'éco innovation	123
3.4.1.	ASIT et le développement durable.....	123
3.4.2.	Limites d'ASIT pour l'éco-innovation en vue d'une adaptation en outil EcoASIT	124
3.4.3.	Mise en place d'une contrainte de développement de l'outil.....	125
3.5.	Mise en place d'un protocole expérimental	130
3.5.1.	Retour sur l'évaluation des phases d'idéation	131
3.5.2.	Les travaux spécifiques à l'éco-innovation.....	131
3.5.3.	Mise en place d'indicateurs adaptés pour l'évaluation des phases d'idéation en éco-innovation lors des tests expérimentaux	133
3.6.	Conclusion	136
CHAPITRE 4.	Développement d'EcoASIT, un nouvel outil d'éco-innovation.....	139
4.1.	Un réseau d'expérimentation – Un processus itératif	141
4.2.	Construction de l'outil EcoASIT	145
4.2.1.	1ère approche : Intégration des dimensions de développement dans l'outil ASIT	145
4.2.2.	2ème approche : Processus intégré (version 3).....	162

4.3.	Proposition d'un premier prototype d'outil EcoASIT (version 5).....	166
4.4.	Synthèse sur le développement de EcoASIT	172
4.4.1.	Synthèse de la démarche	172
4.4.2.	Discussion sur les différences entre ASIT et EcoASIT (Version 5)	174
CHAPITRE 5.	Validation expérimentale de l'outil	177
5.1.	Principe des tests.....	179
5.2.	Tester les outils de créativité sur des problématiques environnementales : Test 1 « Luminaire extérieur »	181
5.2.1.	Objectif du test.....	181
5.2.2.	Outils testés.....	181
5.2.3.	Etapes de la procédure.....	182
5.2.4.	Analyse des données.....	184
5.2.5.	Résultats.....	184
5.2.6.	Synthèse	193
5.3.	Test préliminaire de l'outil EcoASIT version 5 : Test 2 « Bouilloire»	194
5.3.1.	Objectif du test et outils testés	194
5.3.2.	Procédure	194
5.3.3.	Equipement et analyse des données	195
5.3.4.	Résultats	196
5.4.	Test expérimental de l'outil EcoASIT : Test 3 « rasoir »	204
5.4.1.	Objectif du test et outils testés	204
5.4.2.	Etape de la procédure	204
5.4.3.	Equipement et analyse des données	205
5.4.4.	Résultats.....	205
5.4.5.	Synthèse	207
5.5.	Discussion et synthèse générale	207
	CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES	211
	BIBLIOGRAPHIE	
	ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 DOMAINES IMPACTES PAR CETTE RECHERCHE	16
FIGURE 2 EVOLUTION DE NOTRE EMPREINTE ECOLOGIQUE DE 1961 A 2007	24
FIGURE 3 STRUCTURATION DU REPORTING DEVELOPPEMENT DURABLE (LABUSCHAGNE ET AL., 2005).....	26
FIGURE 4 ETAPES DE LA NORME ISO 14 001	27
FIGURE 5 PROCESSUS DE CONCEPTION SELON L'APPROCHE PRESCRIPTIVE (PAHL ET BEITZ, 1977)	29
FIGURE 6 REPRESENTATION DES PARAMETRES INFLUENÇANT LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX (LE POCHAT, 2005)	32
FIGURE 7 ÉVOLUTION DU POIDS MOYEN ET DU VOLUME DE PRODUCTION DES TELEPHONES PORTABLES DE 1994 A 2006.....	33
FIGURE 8 MODELISATION DE BRAS (BRAS, 1997)	34
FIGURE 9 MODELISATIONS DE (BREZET , 1997) ET (CHARTER, 1997).....	35
FIGURE 10 CLASSEMENT DES DEMARCHES ENVIRONNEMENTALES PROPOSEES PAR (MILLET, 2003)	36
FIGURE 11 MODELISATION DE (WIGGUM, 2004).....	38
FIGURE 12 CYCLE DE VIE GENERIQUE D'UN PRODUIT	40
FIGURE 13 EXEMPLE DE MATRICE MET (KNIGHT ET JENKINS, 2009)	42
FIGURE 14 EXEMPLE DE MATRICE ESQCV	42
FIGURE 15 PRINCIPE DE L'OUTIL ATEP (LE POCHAT, 2005).....	43
FIGURE 16 MODELE DES PHASES AMONT D'ECO-CONCEPTION	45
FIGURE 17 INFLUENCE DE L'AVANCEE DU PROCESSUS SUR LA CAPACITE A INFLUENCER LES COUTS DU CYCLE DE VIE (DEWULF, 2003) 45	45
FIGURE 18 RESULTAT DE L'ENQUETE DE CHARTER (CHARTER ET TISCHNER, 2001)	47
FIGURE 19 MODELE DE L'ECHELLE, MODELE HIERARCHIQUE ET LINEAIRE (PERRIN, 2001).....	49
FIGURE 20 INNOVATIONS MAJEURES ET INNOVATIONS MINEURES (PERRIN, 2001)	50
FIGURE 21 PRINCIPE DE LA THEORIE C-K D'APRES HATCHUEL ET AL.	51
FIGURE 22 OPERATEURS DE LA THEORIE C-K	52
FIGURE 23 REPRESENTATIONS DE L'ANALYSE VERTICALE (JONES, 2001)	60
FIGURE 24 GRILLE DE LECTURE PROPOSEE PAR (CARILLO-HERMILLOSA ET AL., 2010).....	63
FIGURE 25 ILLUSTRATION DU RESULTAT DU PROJET RELAJA.....	65
FIGURE 26 DYSON AIRBLADE	66
FIGURE 27 PRINCIPE DES SPS (WIGGUM, 2005).....	68
FIGURE 28 IMPACT DES MODIFICATIONS DU SYSTEME (CARILLO-HERMILLOSA ET AL., 2010)	72
FIGURE 29 EXEMPLE DE SOLUTIONS (ROCCHI, 2005).....	74
FIGURE 30 EXTRAIT DE MINDMAP RESULTANTE DE LA PHASE DE GENERATION D'IDEES (SHERWIN, 2000)	76
FIGURE 31 SCHEMATISATION DU PROCESSUS D'ECO-INNOVATION PROPOSEE PAR (SHERWIN, 2000)	77
FIGURE 32 DEMARCHE PROPOSEE PAR (O'HARE, 2010)	78
FIGURE 33 DIAGRAMME ECO-COMPASS (A) ET ROUE DE BREZET (B).....	81
FIGURE 34 DIAGRAMME PIT (JONES ET AL., 2001).....	83
FIGURE 35 COMPARAISON DES PARAMETRES TRIZ AVEC LES AXES ECO-COMPASS (JONES, 2003)	84
FIGURE 36 MATRICE TRIZ SANS LES CONTRADICTIONS	86
FIGURE 37 ADAPTATION DES 9 ECRANS POUR L'ECO-INNOVATION	88
FIGURE 38 PRINCIPE DE L'OUTIL COUPLANT TRIZ ET LE CBR (YANG ET AL., 2011)	89
FIGURE 39 DEMARCHE DE LA METHODE ECO-MAL'IN.....	91
FIGURE 40 TRIZ SIMPLIFIE	92
FIGURE 41 INFORMATION/INSPIRATION	93
FIGURE 42 EXEMPLE DE QFD AVEC DIMENSION ENVIRONNEMENTALE	94
FIGURE 43 MATRICE ECO-FONCTIONNELLE.....	95
FIGURE 44 ADAPTATION DES CRITERES DE LA MATRICE EN FONCTION DE L'ETAPE DU PROCESSUS.....	95
FIGURE 45 POTENTIEL D'INNOVATION SELON OLUNDH (ÖLUNDH, 2006)	99
FIGURE 46 STRATEGIE EN ECO-USAGE (LILLEY, 2007)	103
FIGURE 47 METHODOLOGIE GENERALE EMPLOYEE DURANT LA THESE	109
FIGURE 48 PRINCIPE DU C-SKETCH (SHAH, 1993)	113

FIGURE 49 EXEMPLE MATRICE DE DECOUVERTE	113
FIGURE 50 PRINCIPES DE L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE.....	114
FIGURE 51 PROCESSUS DE RESOLUTION DE PROBLEME DE TRIZ.....	115
FIGURE 52 LES 9 ECRANS DE TRIZ.....	116
FIGURE 53 PRINCIPE DE LA MATRICE DE CONTRADICTION	117
FIGURE 54 PROCESSUS SIT (HOROWITZ, 1999)	119
FIGURE 55 ASIT SOUS L'ANGLE DE LA THEORIE C-K (REICH, ET AL., 2010)	122
FIGURE 56 MODELE D'UTILISATION DES OUTILS EN FONCTION DU TEMPS	125
FIGURE 57 PRINCIPE DE LA DEMARCHE	126
FIGURE 58 ECHELLES D'EXPERIMENTATIONS (VARGAS-HERNANDEZ ET AL., 2010)	130
FIGURE 59 CAS D'ETUDE UTILISES DANS LES DIFFERENTS TESTS EXPERIMENTAUX.....	142
FIGURE 60 DIMENSIONS ET POINTS CLES.....	147
FIGURE 61 ARCHITECTURE DE LA MINDMAP	148
FIGURE 62 APERÇU DE LA MINDMAP.....	149
FIGURE 63 MISE EN PLACE DE L'OBJECTIF.....	150
FIGURE 64 EXEMPLE DU TABLEAU D'AIDE A LA HIERARCHISATION DES IMPACTS	151
FIGURE 65 MATRICE DE REORIENTATION	151
FIGURE 66 PRINCIPE DES OBJETS ECOASIT	152
FIGURE 67 PREMIERE VERSION DU MONDE CLOS SELON ECOASIT	153
FIGURE 68 DIAGRAMME D'AIDE A LA FORMALISATION DE L'OBJECTIF.....	156
FIGURE 69 RELATION ENTRE LE SUPPORT DE DESCRIPTION DU SYSTEME ET LE DIAGRAMME D'EVALUATION.....	157
FIGURE 70 INTEGRATION DES CRITERES « CONNAISSANCES » ET « DEMANDE » DANS LE PROCESSUS ECOASIT.....	158
FIGURE 71 EVALUATION PROPOSEE POUR LA COMBINAISON EN NEOPRENE.....	160
FIGURE 72 DESCRIPTION DU PROBLEME POUR LE TEST DU MEUBLE DE JARDIN	161
FIGURE 73 RESULTAT DE L'ETAPE SUR LES 9 ECRANS	163
FIGURE 74 MONDE CLOS POUR LE TEST RENAULT	163
FIGURE 75 INTERFACE TYPE « 9 ECRANS »	165
FIGURE 76 INTERFACE EXCEL POUR L'OUTIL EOCASIT VERSION 4	166
FIGURE 77 PROCESSUS ECOASIT	167
FIGURE 78 DIAGRAMME D'EVALUATION ECOASIT	168
FIGURE 79 LE MONDE DU PROBLEME DANS ECOASIT	169
FIGURE 81 PHASE DE GENERATION D'IDEES DANS LA VERSION INFORMATIQUE	171
FIGURE 82 EVOLUTION DE L'OUTIL ECOASIT.....	173
FIGURE 84 PHOTO DU GROUPE ASIT	182
FIGURE 86 DEROULEMENT DU TEST 1 « LUMINAIRE EXTERIEUR ».....	183
FIGURE 87 DONNEES EXTRAITES DU TEST	184
FIGURE 88 QUANTITE D'IDEES GENEREES EN FONCTION DU TEMPS.....	186
FIGURE 89 NOMBRE D'IDEES EMISES PAR CHAQUE GROUPE EN FONCTION DE L'EVALUATION (ORIGINALITE ET PERTINENCE ENVIRONNEMENTALE) DES EXPERTS.....	188
FIGURE 90 MISE EN ŒUVRE DU PROCESSUS DES OUTILS D'ECO-INNOVATION	189
FIGURE 91 RESULTAT DE L'EVALUATION DU GROUPE ECO-COMPASS	190
FIGURE 92 DIAGRAMME D'EVALUATION ISSU DES TRAVAUX DU GROUPE UTILISANT L'OUTIL LIDS WHEEL.....	191
FIGURE 93 PERCEPTION DES GROUPES SUR L'ORIGINALITE ET LA PERTINENCE ENVIRONNEMENTALE DES IDEES QU'ILS ONT GENEREES.....	192
FIGURE 94 PERCEPTION DES GROUPES SUR LA PRISE EN COMPTE PAR L'OUTIL DE L'APPROCHE CYCLE DE VIE, MULTICRITERE, ET SYSTEMIQUE	193
FIGURE 95 DEROULEMENT DU TEST 2	195
FIGURE 96 DONNEES RECUEILLIES LORS DU TEST 2.....	196
FIGURE 97 FREQUENCE DE GENERATION DES IDEES DES 4 GROUPES ECOASIT	197
FIGURE 98 PERCEPTION DES UTILISATEURS SUR L'UTILISATION DES 9 ECRANS ET LE GRAPHIQUE D'EVALUATION.....	199
FIGURE 99 EXEMPLE D'UTILISATION DES 9 ECRANS POUR LE TEST.....	199

FIGURE 100 PERCEPTION DES UTILISATEURS SUR LES OBJETS ECOASIT	202
FIGURE 101 PERCEPTION DES UTILISATEURS QUANT A UNE UTILISATION AUTONOME DE L'OUTIL ET LA CLARIFICATION DE L'OBJECTIF	203
FIGURE 102 PERCEPTION DES UTILISATEURS SUR LA PERTINENCE ENVIRONNEMENTALE ET L'ORIGINALITE DES IDEES GENEREES.....	204
FIGURE 103 PERIMETRE D'ETUDE PRIS EN COMPTE DANS LE TEST 3.....	205
FIGURE 104 FREQUENCE DE GENERATION DES IDEES EMISES PAR LE GROUPE DURANT LE WORKSHOP.....	206
FIGURE 105 VERS LA MISE EN PLACE D'UNE BIBLIOTHEQUE D'OUTILS.....	217
FIGURE 106 VERS UN ACCOMPAGNEMENT DES INNOVATIONS.....	218
FIGURE 107 PROCESSUS GLOBAL DE CONCEPTION.....	219
FIGURE 108 ŒUVRE DE BARBARA KRUGER.....	221

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 EXTRACTION GLOBALE DE RESSOURCES (COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2009).....	22
TABLEAU 2 IMPACTS ET CONSEQUENCES (ADAPTE DE LE POCHAT, 2005).....	23
TABLEAU 3 BENEFICES EXTERNES POTENTIELS DE LA MISE EN PLACE D’UN SYSTEME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL (HILLARY, 2004)	28
TABLEAU 4 CLASSIFICATION DES APPROCHES ENVIRONNEMENTALES.....	34
TABLEAU 5 CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTES CATEGORIES D’INNOVATION DEFINIES PAR BREZET (EHRENFELD, 2008)	36
TABLEAU 6 PRINCIPES PROPOSES PAR LE WBCSD	39
TABLEAU 7 LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE SELON LA NORME ISO 14 062.....	39
TABLEAU 8 SPECIFICITES DE L’ECO-INNOVATION (ADAPTE DE MATTHIEU, 2008)	58
TABLEAU 9 DIFFERENTES APPROCHES ET STRATEGIES CORRESPONDANTES (DE CONINCK, 2007).....	59
TABLEAU 10 CARACTERISTIQUES D’UNE ECO-INNOVATION	63
TABLEAU 11 GRILLE DE LECTURE DES ECO-INNOVATIONS.....	64
TABLEAU 12 SYNTHESE DES ECO-INNOVATIONS.....	71
TABLEAU 13 PRINCIPALES CONTRIBUTIONS EN DEMARCHE D’ECO-INNOVATION	73
TABLEAU 14 PROCESSUS D’ECO-INNOVATION (ROCCHI, 2005).....	75
TABLEAU 15 PRESENTATION DES OUTILS PAR O’HARE (O’HARE, 2010).....	78
TABLEAU 16 APPORTS DES CAS D’ETUDES	79
TABLEAU 17 DEMARCHES D’ECO-INNOVATION A PARTIR DE TRIZ.....	85
TABLEAU 18 PRINCIPE DU WBCSD	85
TABLEAU 19 MATRICE DE CORRELATION ENTRE LES PRINCIPES DU WBCSD ET LES PARAMETRES TRIZ	85
TABLEAU 20 JEU DE QUESTIONS PROPOSEES PAR (FRESNER ET AL., 2010)	87
TABLEAU 21 MATRICE ECO-MAL’IN : RELATIONS ENTRE LES PHASES DU CYCLE DE VIE ET LES PARAMETRE ECO-EFFICACITE.....	90
TABLEAU 22 PROFIL ENVIRONNEMENTAL ET FONCTIONNEL DU PRODUIT	95
TABLEAU 23 GUIDE EDF (MELLICK, 2004)	96
TABLEAU 24 SYNTHESE DES OUTILS D’ECO-INNOVATION	98
TABLEAU 25 ORIGINE DE ASIT VIS-A-VIS DE TRIZ	119
TABLEAU 26 RECAPITULATIF DES OUTILS DE CREATIVITE	120
TABLEAU 27 PRINCIPALES CONTRIBUTIONS AUX CARACTERISTIQUES D’UN OUTIL D’ECO-INNOVATION	129
TABLEAU 28 TYPE D’INDICATEURS ENTRANT EN JEU DANS LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL	130
TABLEAU 29 RETOUR SUR LES CRITERES.....	132
TABLEAU 30 DESCRIPTION DE L’INDICATEUR VARIETE DES IDEES	134
TABLEAU 31 DESCRIPTION DES INDICATEURS ORIENTES RESULTATS	134
TABLEAU 32 QUESTIONS POSEES AUX UTILISATEURS A LA SUITE DES TESTS EXPERIMENTAUX.....	135
TABLEAU 33 INDICATEURS MIS EN PLACE POUR LES TESTS.....	136
TABLEAU 34 TESTS REALISES DURANT LA THESE.....	144
TABLEAU 35 QUESTIONS PROPOSEES SUR CHACUNE DES ETAPES DU CYCLE DE VIE DU PRODUIT-SERVICE ETUDIE	157
TABLEAU 36 PARAMETRES ENVISAGES POUR CONDUIRE LE PROCESSUS D’ECO-INNOVATION	158
TABLEAU 37 OBJETS DANS ECOASIT	168
TABLEAU 38 DIFFERENCE ENTRE ASIT ET ECOASIT	174
TABLEAU 39 TABLEAU RESUMANT LA DEMARCHE EXPERIMENTALE	180
TABLEAU 40 EXEMPLE DE RETRANSCRIPTION ISSUE DES VIDEOS	184
TABLEAU 41 NOMBRE D’IDEES UNIQUES GENEREES PAR CHAQUE GROUPE.....	186
TABLEAU 42 ILLUSTRATION DU CRITERE DE VARIETE DES IDEES POUR LE CAS DU LUMINAIRE.....	187
TABLEAU 43 VARIETE DES IDEES GENEREES TEST 1 (EN POURCENTAGE)	187
TABLEAU 45 COEFFICIENT DIRECTEUR ET COEFFICIENT DE CORRELATION DES COURBES DE TENDANCES DES TESTS 1 ET 2	197
TABLEAU 46 ILLUSTRATION DU CRITERE DE VARIETE DES IDEES POUR LE CAS DE LA BOUILLOIRE.....	198
TABLEAU 47 VARIETE DES IDEES GENEREES TEST 2 (EN POURCENTAGE).....	198
TABLEAU 48 OBJECTIFS DES 4 GROUPES	201

TABLEAU 49 COEFFICIENT DIRECTEUR ET COEFFICIENT DE CORRELATION DES COURBES DE TENDANCES SUR LES 3 TESTS	206
TABLEAU 50 VARIETE DES IDEES GENEREES TEST 3 (EN POURCENTAGE).....	207
TABLEAU 51 CRITERE DE PERTINENCE ENVIRONNEMENTALE ET PERTINENCE SOCIALE	216

INTRODUCTION GENERALE

LA NECESSITE D'ECO-INNOVER

Par nos activités anthropiques et notamment la production d'objets impactant l'environnement, notre planète est aujourd'hui confrontée à une dégradation importante de son milieu naturel. Le rapport récent du centre d'analyse stratégique sur la consommation responsable (Centre d'analyse stratégique, 2011) émet ainsi un constat d'importance en soulignant que les améliorations actuelles qui sont apportées dans les modes de production et d'utilisation des ressources ne suffisent pas à enrayer ces dégradations.

Nous sommes donc aujourd'hui confrontés à une urgence environnementale et sociétale nécessitant la remise en cause de nos systèmes de production, de nos manières de concevoir nos offres de produits, de services, mais également nos habitudes de consommation, nos pratiques et usages. Le défi qui se présente désormais à nous n'est pas seulement de trouver et de développer de nouvelles alternatives plus durables pour satisfaire nos besoins (Mulder, 2007) mais nécessite une remise en cause systémique et interactive du triptyque Conception/Production/Utilisation dans une logique de développement durable.

L'une des premières réponses apportées aux problèmes posés a conduit à la mise en place d'actions curatives, aux fins de réparer les dommages environnementaux causés par les activités industrielles, comme la dépollution des sols. Les années 1980, marquées par les catastrophes industrielles de Seveso (1976), Bhopal (1984) et Tchernobyl (1986), ont vu se développer des approches plus préventives, avec, notamment les réglementations ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement), complétées par les directives SEVESO I et SEVESO II, qui ont réglementé davantage les risques majeurs d'accidents.

En parallèle, avec les normes ISO14001 et EMAS, place a été donnée à la dimension environnementale dans les systèmes de management des entreprises, avec le souci d'aider ces entreprises pour une meilleure gestion de leurs impacts environnementaux.

Dans les années 2000, nous avons vu se développer une approche intégrée, plus orientée vers le produit, avec l'instauration d'une politique globale de l'Union européenne (Politique Intégrée Produit - PIP), qui invite notamment au développement de l'éco-conception chez les industriels, sans omettre de mentionner des directives plus spécifiques telles que la directive sur la valorisation des véhicules en fin de vie (directive VHU), ou encore celle définissant des exigences d'éco-conception sur les produits consommateurs d'énergie (directive EuP).

Tout cet ensemble réglementaire, ainsi qu'une opinion publique de plus en plus sensible aux questions environnementales ont favorisé la prise en compte de critères environnementaux dans la conception des produits, ou éco-conception, et notamment, l'élaboration et le développement d'outils, de méthodes et de stratégies adaptés à ces nouveaux enjeux.

En étudiant les premiers articles parus dans la revue scientifique *Journal of Cleaner Production*, traitant des problématiques environnementales en conception, on se rend compte que les stratégies d'éco-conception, si elles sont désormais bien identifiées et discutées comme par exemple dans l'article de Jørgen Hanssen qui, dès 1995, propose 4 grandes stratégies dans ce domaine (Jørgen Hanssen, 1995), leurs applications restent encore aujourd'hui trop limitées.

L'une des conséquences est que la pratique actuelle de l'éco-conception tend plutôt vers des améliorations incrémentales, et ne propose que trop rarement de réelles alternatives, ce qui aboutit à ne répondre que partiellement aux défis qui se posent à nous.

Face à ces enjeux, les entreprises se doivent d'innover toujours plus pour faire face à la concurrence, avec cette réalité que l'innovation doit être considérée comme un facteur essentiel de développement et de différenciation d'une entreprise à l'autre, et que l'un des moyens de sortie de crise actuelle va dépendre de la capacité que nous aurons de transformer nos pratiques courantes, pour les rendre compatibles avec de nouveaux modèles économiques (Uzunidis, 2004). L'OCDE souligne que l'innovation est essentielle « *pour permettre aux pays et aux entreprises de sortir de la récession et de prospérer dans une économie mondiale aujourd'hui fortement concurrentielle et réticulaire* » (OCDE, 2010).

Néanmoins, il nous faut reconnaître que cette recherche de l'innovation « à tout prix » a participé à l'accélération de la consommation de ressources naturelles, tout en générant plus de déchets. Cette course à l'innovation des entreprises a ainsi perpétué une dynamique de renouvellement permanent des produits, en façonnant l'ère du « tout jetable », cette ère où la consommation ne se résume plus à de l'acquis et de la possession, mais également à toujours plus de « mouvement », et à de l'insatisfaction créée par l'arrivée sur le marché, de manière de plus en plus fréquente, de produits innovants (Bauman, 2008). Thierry Gaudin parle ainsi de « rituels innovateurs » (Gaudin, 2008), pour qualifier ces innovations, lesquelles sont programmées et attendues, avec, pour conséquence, l'obsolescence programmée, dont l'objectif est de stimuler le renouvellement de l'achat par les consommateurs en programmant l'obsolescence des produits (Guiltinan, 2008).

Si, pour diminuer l'impact environnemental des produits, les entreprises prennent certaines mesures, et l'on peut citer les opérations de recyclage des produits, la politique générale de ces mêmes entreprises continue à entretenir une hausse de la consommation de ressources, et de production des déchets. La conception de produits durables qui serait amenée à saturer le marché viendrait, dès lors, en contradiction avec la nécessité pour l'entreprise de maintenir sa croissance (Guiltinan, 2008). Pour ces raisons, l'environnement n'est toujours pas perçu comme un facteur « différenciateur » par les entreprises ; ce qui explique qu'entre 2000 et 2002, seulement 14% des firmes innovantes de l'Union Européenne plaçaient l'environnement comme facteur-clé dans leur activité innovante (Reid et Miedzinski, 2008).

Cependant, face à la concurrence actuelle, et pour rester compétitives, les entreprises doivent aujourd'hui répondre à la nécessité de mettre en place de nouvelles formes d'innovation et de création de valeur par des changements plus systémiques. L'innovation doit ainsi être considérée comme moteur d'action, en mobilisant l'ensemble des parties prenantes (du citoyen, aux entreprises, ...), au service de la société.

Pour ce faire, il apparaît aujourd'hui essentiel de travailler sur de nouvelles approches (méthodes, outils, organisations...) qui tendent vers une innovation plus responsable, favorisant le développement de produits et services utiles, et qui ont un sens pour la société.

C'est dans cette logique d'approche que nous avons focalisé notre réflexion et développé notre recherche avec, pour ambition première de cette thèse, de **chercher à hybrider les approches pour favoriser l'innovation avec celles permettant d'encourager le développement durable**. Notre objectif est de dépasser les améliorations incrémentales des pratiques actuelles de l'éco-conception pour viser la stimulation et l'accompagnement de changements plus radicaux que nous pourrions ainsi qualifier d'éco-innovation.

POSITIONNEMENT DE LA THESE

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE au sein du Centre de Ressources Technologiques APESA-Innovation (ex ESTIA-Innovation), spécialisé en éco-conception, conception et créativité.

L'encadrement scientifique de cette thèse a été effectué dans le cadre d'une collaboration entre plusieurs parties prenantes :

- (1) Cette thèse est rattachée au laboratoire Intégration de Matériaux au Système (IMS) de l'Université Bordeaux 1, au sein de l'équipe Ingénierie de la Conception (ICO).
- (2) L'encadrement de proximité est assuré par ESTIA Recherche, dont le projet scientifique d'une partie de l'équipe porte sur l'innovation et le management, et notamment l'étude des phases créatives des projets de conception innovante.
- (3) Le co-encadrement de cette thèse est assuré également par le laboratoire de Supméca Toulon.
- (4) Par ailleurs, il est à noter que, du fait de l'éparpillement des recherches sur les thématiques de l'éco-conception, un Réseau Eco-conception de Système Durable a été créé, réunissant périodiquement la communauté française en éco-conception, à l'occasion de séminaires. Les principales thématiques abordées dans ces séminaires concernent :
 - L'ACV et évaluation environnementale (mono-critère, multicritères, simplifiée ...)

INTRODUCTION GENERALE

- La fin de vie, et les thématiques tels que le *Design for recycling, remanufacturing, reuse - Design for Disassembly / Recycling / Remanufacture*, ou encore l'étude des Procédés de recyclage, de tri ou de remanufacturing ;
- L'étude des éco-technologies et éco-matériaux ;
- L'éco-innovation, les Système Produit Service ou encore le Design For Sustainability.

Notre recherche s'est inscrite dans le cadre de ce réseau, et a porté, dans le cadre de la dernière thématique mentionnée, sur l'étude des phases de créativité en éco-innovation, c'est-à-dire, le moment où les concepteurs doivent générer des idées.

APPORTS DE NOS RECHERCHES

Afin de mieux identifier les principaux domaines de recherche intervenant dans notre recherche, nous avons choisi de les représenter dans un diagramme de contributions (Areas of Relevance and Contribution), développé par Blessing et Chakrabati (Blessing et Chakrabati, 2006).

Ce diagramme (figure 1) reprend les domaines étudiés dans nos recherches, en distinguant les domaines majeurs étudiés, les domaines importants, et les domaines directement impactés par l'apport de nos recherches.

Nos recherches vont concerner trois grandes thématiques:

- (1) l'innovation : cette thèse s'est avant tout focalisée sur la phase de créativité, ainsi que sur les outils qui l'instrumentent ; avec un éclairage particulièrement orienté sur les techniques d'idéation ;
- (2) l'éco-innovation, et notamment, les définitions du concept d'éco-innovation, ainsi que de produit éco-innovant ;
- (3) « *le sustainable design* » : qui intègre notamment les thématiques de l'éco-conception, mais également, les approches sociales et comportementales de la conception.

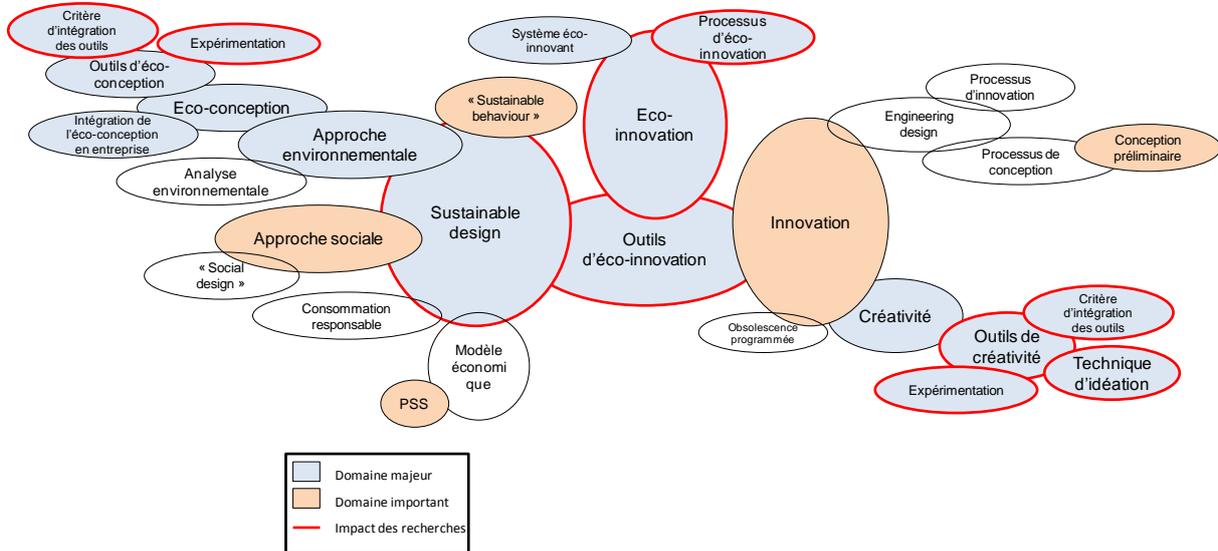


Figure 1 Domaines impactés par cette recherche

Dans le cadre de cette thèse, nous proposons des avancées sur la compréhension du processus d'éco-innovation et, particulièrement, sur l'importance des phases de créativité en éco-innovation.

De ces recherches, nous constatons qu'elles conduisent à un double apport :

- Dans un premier temps, nous présentons l'adaptation d'un outil de créativité ASIT, pour *Advanced Systematic Inventive Thinking* (Horowitz, 1999 ; Horowitz, 2001a ; Horowitz, 2001b) en outil d'éco-innovation EcoASIT focalisé sur les phases d'idéation. Cette adaptation propose, elle-même,

deux types de résultat : le développement d'un ensemble de micro-outils issus des différentes approches empruntées par l'équipe de recherche, et le développement d'un outil « final » validé par l'entreprise partenaire. Ce développement de l'outil EcoASIT intègre des dimensions environnementales et sociétales dans le processus de créativité ASIT, afin de stimuler efficacement les concepteurs sur l'ensemble des axes du développement durable.

- Dans un deuxième temps, au terme de cette thèse, nous proposons une validation expérimentale de l'outil EcoASIT à travers la mise en place d'un protocole expérimental qui permet le déploiement d'un ensemble de tests expérimentaux.

Pour conclure, nous souhaitons dans ce mémoire défendre la thèse suivante: **l'utilisation lors des phases d'éco-idéation des mécanismes de stimulation d'un outil de créativité adapté (EcoASIT) encourage une réflexion systémique sur les différents axes du développement durable et augmente la performance créative des phases amont des processus d'éco-innovation.**

STRUCTURE DU DOCUMENT

Afin de répondre à nos objectifs de recherche, et décrire nos apports, ce document est divisé en 5 chapitres.

Dans un **premier chapitre**, nous ferons un état des lieux de l'intégration de la dimension environnementale au sein du processus de conception. Pour ce faire, nous identifierons tout d'abord les principales problématiques résultant de notre système de production industrielle, pour mieux faire apparaître le rôle de la « conception » face à ces problématiques.

Puis, nous focaliserons sur l'éco-conception, ce qui nous permettra d'identifier les principales limites dans sa pratique actuelle. Cette approche, en deux temps, aura pour finalité de préciser l'objectif de notre thèse, et la nécessité d'hybrider ce concept d'éco-conception avec le processus d'innovation.

Dans un **deuxième chapitre**, nous reviendrons sur le concept d'éco-innovation, en montrant qu'à l'instar de l'innovation, l'éco-innovation peut se définir par le processus qui le supporte, et le résultat qu'il permet d'atteindre. Cela nous conduira, au départ, à revenir sur la définition de l'éco-innovation, et souligner le caractère polysémique de cette notion qui s'inscrit dans des concepts plus ou moins globaux. Puis nous alimenterons notre réflexion en nous appuyant sur la notion de produit éco-innovant, à travers un ensemble de définitions, mais aussi un panel d'exemples, ceux-ci illustrant nos propos et notre perception de l'éco-innovation.

Ce chapitre sera également l'occasion d'effectuer un état de l'art et une revue critique de l'ensemble des approches qui ont été développées dans ce domaine sous forme de workshops, d'outils et méthodes qui instrumentent l'éco-innovation.

Nous montrerons ainsi les insuffisances des outils actuels d'éco-innovation dans les phases de génération d'idées et ferons le constat que ces outils ne proposent pas assez de mécanismes de stimulation adaptés pour l'éco-innovation,

Nous aborderons également la question de l'intérêt de développer un outil qui stimule l'ensemble des axes du développement durable, tels que l'approche sociétale, et la réflexion à avoir sur le besoin ou le comportement. Ces dernières réflexions nous permettront de poser notre problématique de recherche.

Dans un **troisième chapitre**, nous exposerons notre approche méthodologique. Pour cela, nous soulignerons l'apport méthodologique de cette thèse : le développement d'un outil d'éco-innovation EcoASIT focalisé sur les phases de génération d'idées, ainsi que la mise en place d'un protocole pour évaluer les phases d'idéation en éco-innovation.

Ainsi, ce chapitre nous conduira à étudier l'outil de créativité ASIT, considéré, dans la littérature, comme un outil validé expérimentalement et à le mettre en perspective avec un panel d'outils de créativité. Puis nous proposerons une stratégie d'adaptation de l'outil ASIT en outil EcoASIT.

Enfin, nous mettrons en place notre protocole expérimental, à l'aide d'un jeu d'indicateurs nous permettant d'étudier les performances des phases de génération d'idées en éco-innovation, mais aussi à l'aide d'un questionnaire nous permettant de recueillir la perception des utilisateurs vis-à-vis de l'outil.

Dans un **quatrième chapitre**, nous nous consacrerons au développement de l'outil EcoASIT. Ce chapitre, portant sur la validation théorique de l'outil EcoASIT, nous amènera à présenter l'affiliation théorique entre cet outil et l'outil de référence ASIT. Nous mettrons en valeur l'évolution de l'outil, ainsi que les différentes approches et versions qui ont été développées tout au long du processus de recherche. Nous présenterons les différents tests qualitatifs effectués et les connaissances que nous en avons retirées, et qui nous ont permis une meilleure compréhension du processus d'éco-innovation issu de l'outil EcoASIT.

Enfin, dans ce chapitre, nous présenterons une version de l'outil « validée » par l'entreprise d'accueil de cette thèse CIFRE.

Dans un **cinquième chapitre**, nous présenterons 3 tests expérimentaux majeurs qui ont été les principaux jalons de nos recherches. Ces tests auront pour objectif de valider expérimentalement notre outil EcoASIT, en soulignant ses qualités et ses apports pour un groupe de conception.

Par le premier test, nous comparerons sur des problématiques environnementales, l'outil de créativité ASIT avec des outils d'éco-innovation et d'éco-conception. Nous pourrions confirmer ainsi l'intérêt des outils de créativité sur ces mêmes problématiques environnementales.

Par le deuxième test, nous chercherons à étudier l'outil EcoASIT « en total autonomie », c'est-à-dire sans la présence des chercheurs, la séance de créativité étant animée par des encadrants préalablement formés sur l'outil.

Par le troisième et dernier test, nous présenterons les résultats d'une séance de créativité effectuée avec l'outil « validé » EcoASIT lors d'une séance animée par des chercheurs et avec des participants novices sur les problématiques environnementales.

Au terme de ces cinq chapitres, nous concluons sur les principaux apports de cette thèse mais également nous soulignerons les principales limites et perspectives de nos travaux.

CHAPITRE 1. Quelles réponses face aux enjeux environnementaux ?

Introduction

Dans ce premier chapitre, nous proposons d'introduire le cadre d'étude générale de cette thèse en présentant les enjeux de nos travaux de recherche ainsi que leur positionnement scientifique et industriel dans les différents domaines d'étude que sont l'éco-conception, la conception et l'innovation.

Dans une première partie, nous revisiterons le concept global de développement durable et son appropriation par le monde industriel et académique. A partir de cette vue très large du contexte de nos travaux, nous nous focaliserons progressivement sur la thématique particulière de la conception innovante de produits et services en spécifiant en quoi le domaine de la conception, au sens large, et plus spécifiquement l'étude des processus de conception, peuvent être une réponse adéquate aux enjeux du développement durable, et aux grands défis sous-jacents liés notamment à la remise en cause des modes de production et de consommation.

Dans une deuxième partie, nous proposerons un bref état de l'art des différentes approches de l'intégration du critère environnemental en conception ainsi que quelques outils qui instrumentent cette démarche. Ceci nous amènera à présenter, par la suite, les principales limites des approches actuelles concernant l'intégration de l'environnement lors des phases de développement et de conception de nouvelles offres (produits, services, méthodes...).

Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, nous introduirons le dernier « domaine » impacté par notre recherche en proposant une lecture du processus d'innovation et les raisons pour lesquelles l'innovation est nécessaire pour faire face aux enjeux actuels. Ce chapitre vise en effet à souligner l'importance d'hybrider les processus d'éco-conception et d'innovation en montrant l'intérêt d'une intégration plus importante des processus de créativité et d'innovation comme réponse adéquate face aux limites de l'éco-conception.

1.1. ETAT DES LIEUX

1.1.1. UN MODE DE VIE NON SOUTENABLE

Cette thèse présente une réflexion générale, instrumentée par un outil d'éco-innovation, qui a pour vocation principale de participer à la mise en place d'une réelle alternative aux modes de production et de consommation actuels.

Les modes de vie des pays riches, suivis désormais par les pays en voie de développement, sont en effet largement responsables des multiples dégradations de notre environnement, que ce soit par l'extraction des ressources naturelles nécessaires à notre développement, ou par la génération de déchets et d'émissions toxiques. Qu'il s'agisse de nos modes de logement, de transport, ou de consommation de biens, nous avons considéré la nature comme une ressource inépuisable de croissance économique sans en prendre en compte les limites.

Parmi les principales problématiques, nos modes de transport cristallisent les débats. Les pays occidentaux sont déjà « drogués » par les transports individuels motorisés tandis que les pays émergents rattrapent ce « retard ». En France, le parc automobile a doublé entre 1973 et 2004 pour une augmentation de seulement 14% de la population (L'Atlas de l'environnement, 2007). En Chine, cette croissance est beaucoup plus forte, les achats de voitures passant de 1,6 millions en 1990 à une prévision de 80 à 90 millions vers 2020. A titre d'exemple, dans le seul mois de juillet 2003, plus d' 1 million de voitures ont été vendues dans ce pays comparé au million de voitures vendues durant toute l'année 2002 (Kobos et al., 2003). En parallèle, le transport aérien augmente de 237% entre 1973 et 2004 (L'Atlas de l'environnement, 2007).

Même si les normes environnementales tendent à faire diminuer les consommations de ces véhicules, ou si de nouveaux types de kérosène sont testés dans l'aviation, nous pouvons largement nous rendre compte que ce mode de vie entraîne des impacts sérieux sur l'environnement.

1.1.2. DES IMPACTS MULTIPLES

Si le réchauffement climatique focalise les débats et apparaît être l'enjeu majeur des politiques actuelles, les impacts sur nos modes de vies sont multiples et plus complexes. Thackara dans l'introduction de son livre *In the Bubble*, résume la situation : « le défi auquel nous devons faire face ne concerne pas uniquement le déséquilibre d'un seul système, comme celui par exemple de l'énergie. De nombreux systèmes interagissent : énergie, climat, nourriture, argent, agriculture. » (Thackara, 2008).

Les nombreux rapports générés par les différentes organisations (rapports du Programmes des Nations Unies pour l'Environnement, rapports du World Business Council For Sustainable Development, ou encore rapports de l'Organisation Mondiale de la Santé) établissent un état des lieux exhaustif de la planète. Il existe ainsi une dizaine d'impacts principaux, listés dans le tableau 2 ci-dessous, et qui peuvent se regrouper selon 3 dommages majeurs sur l'environnement :

- Des dommages sur l'écosystème ;
- Des dommages sur la consommation de ressources ;
- Des dommages sur la santé humaine.

Les dommages sur l'écosystème peuvent se traduire par la dégradation des sols ou encore la perte de biodiversité. Ainsi, 30% de la surface terrestre sont désormais converties en aires urbaines ou semi-urbaines, ayant pour conséquence la perte d'un tiers de notre biodiversité (animale et végétale) depuis 1970 (WWF, 2006). Par ailleurs, on considère que près de la moitié des sols cultivables serait dégradée (L'atlas de l'environnement, 2007). Ces dégradations sont des conséquences des activités humaines et sont issues de différents facteurs dont l'érosion, l'altération chimique (acidification des sols, effluents industriels, salinisation...) ou encore une dégradation physique (tassement des sols).

Les dommages sur la consommation des ressources se traduisent par une consommation excessive de trois ressources principales :

Chapitre 1 – QUELLES REPONSES FACE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX?

- La biomasse : il s'agit des ressources issues de l'agriculture, mais aussi la biomasse forestière et la biomasse halieutique ;
- Les minéraux: il s'agit des minéraux destinés à la construction (gravier, sable, ardoise...), mais aussi les minéraux industriels (engrais chimiques, sel, quartz, mica...) ;
- Les combustibles fossiles.

Pour 2020, le rapport du commissariat général du développement durable français prévoit une évolution de 48% des extractions, dont une évolution de 92% pour les minerais métalliques (tableau 1).

	Monde			Pays de l'OCDE		
	Quantités extraites en 2002 (milliards de tonnes)	Évolution 1980-2002 (en %)	Évolution prévisible 2002-2020 (en %)	Quantités extraites en 2002 (milliards de tonnes)	Évolution 1980-2002 (en %)	Évolution prévisible 2002-2020 (en %)
Total	55	36	48	22,9	19	19
Minerais métalliques	5,8	56	92	1,8	41	70
Combustibles fossiles	10,6	30	39	4,1	12	6
Biomasse	15,6	28	31	4,5	11	6

Tableau 1 Extraction globale de ressources (Commissariat général au développement durable, 2009)

Cette hausse de la consommation, couplée à une diminution des ressources, entraîne une raréfaction des ressources, qui deviennent ainsi un enjeu majeur (UNEP, 2010). Un récent rapport du PNUE souligne que, sans des améliorations notables dans les systèmes d'extraction et de production des ressources, il ne sera pas possible de satisfaire les besoins de 9 milliards d'individus en 2050 (UNEP, 2011).

Enfin, l'ensemble de ces problématiques environnementales ne peuvent avoir de sens que dans leur rapport à la santé humaine. Les conséquences de ces impacts environnementaux sont dès à présent visibles. En considérant des impacts environnementaux locaux, selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 2 millions de décès prématurés peuvent chaque année être attribués aux effets de la pollution de l'air extérieur dans les villes, et de la pollution de l'air à l'intérieur des habitations, dont plus de la moitié supportée par les populations des pays en développement (OMS, 2006). De même, concernant l'eau, 1,1 milliard de personnes souffrent d'un accès insuffisant à l'eau potable et 1,8 millions meurent en raison de son insalubrité (OMS, 2004).

Ainsi pour Louise Vandelac, le développement durable est une invitation à « intégrer l'articulation des questions de santé et d'environnement au cœur des dispositifs publics dans une perspective de justice environnementale »¹.

Le tableau 2 ci-dessous reprend les principaux impacts sur les sociétés :

Impact environnemental	Description	Dommages engendrés
Augmentation de l'effet de serre	Cet Impact est dû aux émissions de gaz à effet de serre répertoriées par le protocole de Kyoto sont : le CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , SF ₆ , HFC, PFC. D'après les rapports du GIEC, les activités anthropiques sont très probablement une cause majeure de cette augmentation (GIEC, 2007)	Climatiques, économiques, sociales, géopolitiques
Diminution de la couche d'ozone	La couche d'ozone est une couche de gaz présente dans la stratosphère et qui a pour principal effet de filtrer les rayons UV du soleil. Les gaz responsables de sa destruction sont principalement les hydrocarbures halogénés (CFC, HCFC, HFC, HBFC, N ₂ O, etc.). On les retrouve dans les mousses isolantes, les climatiseurs et réfrigérateurs.	Santé humaine, écosystèmes, économiques
Formation d'ozone troposphérique	L'ozone troposphérique est notamment dû à la présence de COV (Composés Organiques Volatiles). Ces composés proviennent généralement des réservoirs de pétrole et d'essence, des procédés industriels et de la combustion d'essence. Les COV peuvent causer divers effets sur la santé, en fonction du type de composant présent et	Santé humaine, économiques, écosystèmes

¹ Conférence de Louise Vandelac le 17 novembre 2008, Journée Annuelle de Santé Publique 2008

	de sa concentration. Les effets peuvent varier de la nuisance odorante à une déficience des capacités pulmonaires, voire à un cancer.	
Acidification	Le phénomène d'acidification est lié aux rejets de composés du soufre dans l'atmosphère notamment par les activités industrielles. Les retombées s'effectuent sous la forme de pluies acides contaminant les sols et l'eau	Écosystèmes, santé humaine, économiques
Eutrophisation	L'eutrophisation est un phénomène lié au rejet de composés du phosphore dans les milieux aquatiques, notamment issus des engrais agricoles et des détergents. La présence d'une trop forte concentration d'éléments phosphatés accélère la prolifération de la flore ce qui a pour effet de réduire la présence d'oxygène dans l'eau, perturbant ainsi le bon développement du milieu.	Écosystèmes, santé humaine, économiques
Epuisement des ressources	Il se trouve sous forme de pétrole et gaz mais aussi les minéraux ressources fossiles et minérales.	Économiques, sociales, géopolitiques
Toxicité, écotoxicité	Cela correspond à la prise en compte des éléments toxiques (rejet d'effluents, etc.) d'origine anthropique sur les écosystèmes.	Écosystèmes, santé humaine, économiques

Tableau 2 Impacts et conséquences (adapté de Le Pochat, 2005)

1.1.3. VERS UN INDICATEUR UNIQUE ?

L'empreinte écologique² a été définie grâce aux travaux de Wackernagel et Rees (Wackernagel et Rees, 1996). Elle a été développée dans les années 1990 pour aider à la mise en place d'un système métrique adapté pour évaluer de façon robuste la pression des activités humaines sur la planète.

Cet indicateur traduit l'impact des activités humaines en termes de surfaces nécessaires pour produire les ressources consommées et absorber les déchets générés. Il se définit ainsi :

“The Ecological Footprint is a measure of the demand human activity puts on the biosphere. More precisely, it measures the amount of biologically productive land and water area required to produce all the resources an individual, population, or activity consumes, and to absorb the waste they generate, given prevailing technology and resource management practices. This area can then be compared with biological capacity (biocapacity), the amount of productive area that is available to generate these resources and to absorb the waste.” (Rees, 2000)

Pour traduire les différents flux entrants et sortants des activités anthropiques, et additionner leur impact, l'empreinte écologique utilise une unité unique, un « hectare global » (ou gbh), défini tel un hectare bioproductif. Cette unité commune permet notamment de comparer l'impact de différents territoires entre eux.

La figure 2 ci-dessous, extraite du rapport 2011 du Global Footprint Network, nous montre ainsi l'évolution de l'empreinte écologique des principaux pays (Ewing et al., 2010). Elle nous montre ainsi une empreinte écologique en forte croissance entre les années 1961 et 2007. Vers les années 1980, selon cet indicateur, les activités humaines ont ainsi dépassé la capacité de la planète à se régénérer.

De même, pour 2007, ce rapport souligne que 18 milliards d'hectares globaux (gbh) ont été nécessaires, pour une population de 6,7 milliards d'individus, soit, en moyenne par personne 2,7 gbh/habitants. Néanmoins, nous disposons seulement de 11, 9 milliards d'hectares globaux de capacité terrestre soit 1,8 gbh /habitant, donc un excès de 0,9gbh/habitant.

² En anglais « Ecological Footprint »

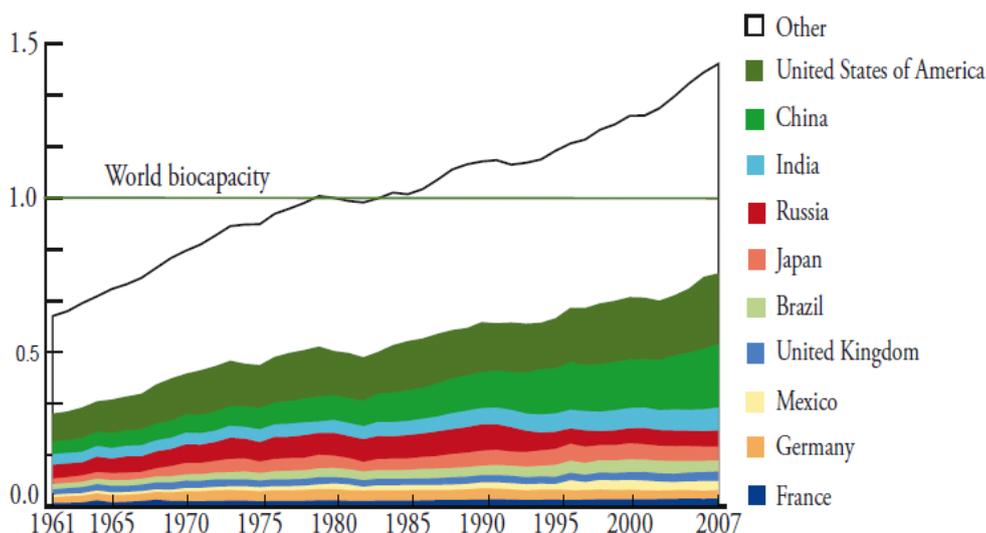


Figure 2 Evolution de notre empreinte écologique de 1961 à 2007

Si l'empreinte écologique semble être une notion très réductrice de notre vision de l'environnement, elle a le mérite de permettre de quantifier de façon simple notre impact environnemental et de le mettre en relation avec une évaluation des capacités de notre planète. Elle souligne avant tout nos excès et un développement actuel non soutenable.

Elle appelle par ailleurs le concept de « facteur X », qui a pour but de donner une valeur concrète de facteur de réduction de l'impact environnemental et aider ainsi la mise en place des politiques environnementales. Selon Reijnders, « le facteur X est qualitativement similaire aux concepts de dématérialisation, d'éco-efficacité et d'accroissement de la productivité des ressources naturelles » (Reijnders 1998). Le facteur X peut donc être lié à un produit, un service, un besoin, ou une économie globale. Nous trouvons dans la littérature des facteurs allant de 4 à 50.

Ainsi, la France, durant le « Grenelle de l'environnement » qui a eu pour objectif de donner une nouvelle impulsion à la politique environnementale française, a notamment conduit à la mise en place d'une politique de facteur 4³.

1.2. LE DEVELOPPEMENT DURABLE

1.2.1. L'AMBIGUÏTÉ DU CONCEPT DE DEVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable s'est imposé comme l'un des objectifs de la Communauté internationale. Il s'inscrit aussi bien dans les organisations internationales, comme la section de l'ONU qui lui est dédiée, le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), de même, dans les administrations⁴, à travers notamment la politique des achats publics. Enfin le nombre d'Agenda 21, outil adopté lors du sommet de la Terre en Rio en 1992 et permettant de mettre en place les principes du développement durable, sont toujours plus nombreux, que ce soit dans des villes, des régions ou des organisations.

Ce concept de développement durable, et, plus généralement de remise en cause des vertus de la croissance économique et des modes de pensée actuels, est issu d'une longue réflexion, dont l'une des premières étapes a été la formation du Club de Rome dans les années 1970. Regroupant un ensemble d'intellectuels, qu'ils soient politiques ou économistes, ils furent parmi les premiers, notamment avec la publication du rapport Meadows, à affirmer que le mode de croissance actuel entraînait des risques non négligeables sur l'environnement et, plus généralement, sur la société (Meadows et al., 1972).

³ Rapport Général de M. Thierry Tuot fondé sur les rapports des six groupes de travail et des deux intergroupes du Grenelle, l'analyse des contributions volontaires et les synthèses des débats en province et de la consultation internet.

⁴ L'union européenne a notamment édité un manuel sur les marchés publics écologiques, disponible sur http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/buying_green_handbook_fr.pdf (dernier accès Aout 2001)

Le terme « *Sustainable Development* » est apparu en 1980, à la suite des travaux de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources (UICN) et le PNUE. Mais ce ne fut qu'en 1987, que le terme est officiellement évoqué et traduit en « Développement Durable » par le rapport Brundtland, dans le cadre de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies. Dans ce rapport, le développement durable se définit ainsi comme :

« *Un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* » (WCED, 1987).

Dans cette notion, l'idée maîtresse est le devoir des générations actuelles de garantir une équité entre les générations afin de permettre aux générations futures l'accès, la disponibilité et le bon état des ressources naturelles. Mais ce n'est que lors du sommet de la terre de Johannesburg, en 2002, qu'apparaissent clairement les trois piliers du développement durable que sont : l'environnement, le social et l'économie (Sébastien et Brodhag, 2004).

Ce triptyque est devenu aujourd'hui indissociable, telle une carte de visite du développement durable. Il met en avant la nécessité de prendre en compte l'approche sociale, avec l'intégration des parties prenantes, l'approche économique, garantissant ainsi un développement économique de l'activité, et l'approche environnementale, visant à limiter l'impact environnemental de l'activité.

Ce concept de développement durable est désormais devenu incontournable dans notre société. Les divers sondages montrent l'intérêt grandissant de la population pour cette notion, les médias se sont emparés de ce concept en proposant divers journaux, reportages, et émissions, les films abordant ce sujet deviennent des succès commerciaux. La bourse américaine a mis en place un indice spécial (le Dow Jones Sustainability World) incluant 10% des entreprises les plus performantes cotées en matière de développement durable pour évaluer et indiquer leurs résultats dans ce domaine. Enfin, de nombreuses entreprises publient leur propre rapport pour mettre en valeur leurs efforts et justifier leurs activités.

Ce succès du concept de développement durable nous amène à nous poser deux réflexions sur son appropriation par le monde de l'entreprise :

- La première réflexion concerne l'application réelle de ce concept. En effet, le développement durable a pour objectif d'aider à surpasser l'opposition supposée entre performance et rentabilité économique, et protection de l'environnement. Or on peut observer que cette opposition est encore largement répandue. En citant un exemple de dégradation des sols, Smith explique notamment que des actions « environnementales » sont insuffisantes parce que reste l'idée d'une opposition entre développement et protection de l'environnement (Smith, 2006). Ainsi, le développement durable est encore perçu comme une plus-value, ou une manière de se justifier, et non comme un fil conducteur pour le développement.

- La deuxième réflexion provient de la définition même de développement durable. Par le fait que cette définition est trop générale et trop diffuse, elle a été largement galvaudée et est devenue un concept ayant perdu de sa valeur. Qualifié de « tour de Babel » ou de « concept caméléon », ce concept est interprétable en fonction des personnes ou du contexte dans lequel il est utilisé (Boiral et Croteau, 2001). Boiral explique notamment que « *son caractère polymorphe a en effet donné lieu à des interprétations et des approches aussi diverses que variées, révélant ainsi la plasticité d'un concept qui semble en perpétuelle métamorphose* » (Boiral et Croteau, 2001). Cette interprétabilité et malléabilité l'a rendu peu contraignant pour les entreprises qui ont pu l'interpréter à leur manière, voire se l'ont accaparés (Boiral et Croteau, 2001).

Enfin, le concept de développement durable peut se décliner, selon, certains auteurs, au travers en deux grandes visions :

- La première est souvent appelée « *Soutenabilité faible* »⁵. Cette vision a pour principal objectif de maintenir et d'étendre avant tout le stock de ressources. Parmi les solutions possibles pour y parvenir, elle préconise de développer des ressources alternatives, des énergies renouvelables, ou encore de rendre plus efficiente l'utilisation des ressources actuelles et/ ou de chercher des solutions technologiques pour les problèmes tels que la pollution ou la diminution de ces ressources.

⁵ « Weak sustainability » ou « shallow environmentalism »

- La deuxième, ou « *Soutenabilité forte* »⁶ propose, quant à elle, de s'adapter aux ressources de la Terre plutôt que de chercher à préserver notre rythme de consommation actuel. Elle pose donc comme principe fondateur une redéfinition et une adaptation de notre mode de consommation. Elle demande de revisiter entièrement notre mode de vie pour le mettre en cohérence avec un monde de ressources finies. Cette approche vise à démontrer que l'approche matérialiste et consumériste de la société est une mauvaise direction et demande donc un changement radical (William et Millington, 2004).

1.2.2. L'INTEGRATION DU DEVELOPPEMENT DURABLE EN ENTREPRISE

L'intégration du développement durable en entreprise s'explique selon Boiral par trois motivations majeures: obtenir une légitimité sociale de l'entreprise auprès notamment du grand public, prendre en compte le dialogue avec l'ensemble des parties prenantes de l'entreprise, et enfin faciliter une gestion interne des enjeux du développement durable (Boiral, 2010).

Elle s'est traduite par la mise en place récente d'une nouvelle norme internationale, la norme ISO 26000, mettant en place les lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale (ISO, 2010). Cette norme définit le terme de responsabilité sociétale comme la responsabilité d'une organisation vis-à-vis des impacts de ses décisions et de ses activités sur la société et sur l'environnement, par un comportement transparent et éthique. En cela, elle contribue au développement durable.

Plus généralement, cette intégration du développement durable dans l'entreprise peut se décliner selon 2 niveaux principaux :

Le premier niveau correspond à un niveau stratégique, orienté vers la communication des résultats des entreprises. Il s'agit notamment des différents rapports émis par les entreprises dans le but de mesurer leurs performances sur les thématiques du développement durable. Ces rapports sont de plus en plus normalisés, notamment depuis la parution du *Global Reporting Initiative* (GRI), qui a été développé dans un souci de normalisation de ces rapports. Il a pour mission de fournir aux organisations de toute taille et de tout secteur, un cadre fiable et crédible pour l'élaboration de leur rapport (GRI, 2002). Le « reporting développement durable » consiste donc à mesurer la performance d'une organisation en matière de développement durable, à en communiquer les résultats puis à en rendre compte aux parties prenantes internes et externes, selon les aspects indiqués sur la figure 3 suivante :

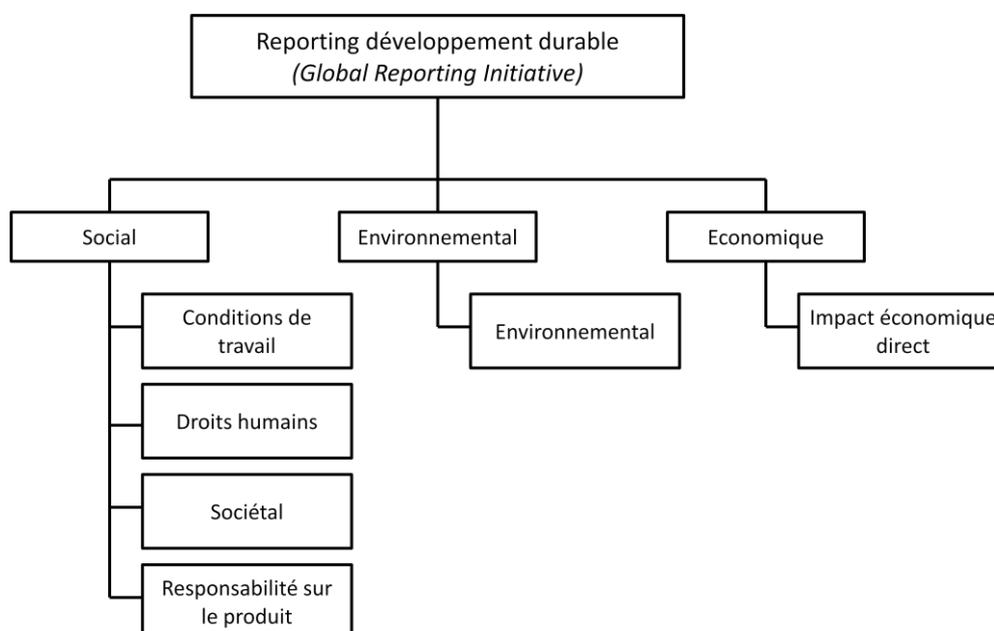


Figure 3 Structuration du reporting développement durable (Labuschagne et al., 2005)

⁶ "strong sustainability" ou "deep ecology"

Ce rapport a un triple objectif :

- mesurer et évaluer la performance par rapport aux diverses lois et règlements ;
- démontrer l'influence de l'organisation sur les attentes relatives au développement durable ;
- comparer dans la durée la performance d'une même organisation ou de plusieurs organisations entre elles.

Ainsi, le reporting développement durable, à travers le cadre proposé par le GRI, constitue un instrument important pour permettre aux entreprises de communiquer avec leurs parties prenantes sur les performances et la responsabilité de leur entreprise, au-delà de l'aspect financier (Willis, 2003).

Le deuxième niveau correspond à une approche « site ». Cette approche consiste en l'intégration des critères environnementaux par la mise en place d'un Système de Management Environnemental au sein d'une organisation.

Il s'agit d'un système de management ayant pour but d'aider les entreprises à maîtriser les divers impacts environnementaux de leur activité. Ce système de management environnemental est désormais structuré, à travers la norme internationale ISO 14 001 (ISO, 2004). Cette norme permet ainsi à un organisme de clarifier sa politique environnementale, de mettre en place des objectifs et de s'accorder sur la législation environnementale en vigueur. La norme s'articule autour du mécanisme PDCA (Plan-Do-Check-Act), suivant une logique d'amélioration continue. La figure 4 ci-dessous illustre la démarche proposée par la norme :

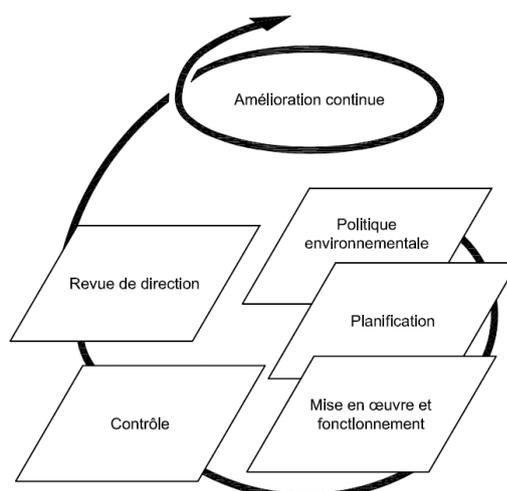


Figure 4 Etapes de la norme ISO 14 001

La première étape consiste en l'élaboration de la politique environnementale de l'entreprise qui doit permettre à la direction d'énoncer clairement ses intentions ainsi que les objectifs généraux de son organisation.

Dans un deuxième temps, l'organisation doit identifier les impacts environnementaux de son activité, et à l'aide d'un système de cotation qui lui est spécifique, elle doit déterminer les impacts significatifs. Ce travail aboutit à l'élaboration d'un plan d'actions spécifiant clairement les objectifs à atteindre et les moyens à mettre en œuvre.

Puis, une troisième étape consiste en une mise en œuvre des actions préconisées dans le plan d'actions. Pour y faire face, l'entreprise doit s'assurer que tous les moyens sont fournis pour leurs bonnes réalisations.

Enfin, la norme demande à ce que des procédures de contrôle des divers actions menées soient mises en place avec l'instauration d'audits internes. Cette norme demande, par ailleurs, la mise en place de revues de direction dans le but d'assurer l'efficacité du système de management et notamment son appropriation.

La littérature scientifique met en valeur les bénéfices de la mise en place d'un tel système de management. Le tableau ci-dessous, proposé par (Hillary, 2004) illustre les bénéfices externes potentiels, qu'ils soient commerciaux, environnementaux ou relevant de la communication.

Bénéfices commerciaux	Bénéfices environnementaux	Bénéfices en communication
<ul style="list-style-type: none"> - Gain de nouvelles parts de marché - Satisfaction des clients - Avantage concurrentiel - Développement de produits éco-conçus 	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des performances environnementales de l'entreprise - Respect de la réglementation - Amélioration de l'efficacité de l'entreprise (énergétique et ressources naturelles) - Amélioration du taux de recyclage - Réduction de la pollution 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'une image positive de l'entreprise - Amélioration des relations avec les clients - Amélioration des coopérations avec les partenaires publics - Amélioration de la communication avec les parties prenantes - Exemplarité envers les concurrents

Tableau 3 Bénéfices externes potentiels de la mise en place d'un système de management environnemental (Hillary, 2004)

Il est à noter que l'union européenne a mis en place sa propre norme de Système de management environnementale, l'EMAS (Eco Management and Audit Scheme), qui s'avère être plus restrictive, en demandant notamment aux entreprises de publier leurs résultats.

Pour conclure, nous avons souhaité, dans cette thèse, clarifier 2 types d'intégration des critères environnementaux au sein des entreprises. Ils constituent en effet souvent une première approche à même d'identifier les impacts environnementaux de manière globale et peuvent être précurseurs d'une approche plus ciblée. Lorsqu'il s'agit d'industries, elles peuvent également préconiser des approches ciblées sur leurs productions. Une deuxième approche identifiée concerne donc l'intervention lors de la conception même du produit ou du service. Cette thèse s'inscrit dans cette approche, qui consiste à intégrer les contraintes environnementales directement à travers la conception de produits et services. C'est le sujet de la partie suivante.

1.3. LA CONCEPTION COMME REPONSE AUX ENJEUX DU DEVELOPPEMENT DURABLE

La conception est une thématique complexe qui peut être décrite selon plusieurs modélisations. Celles-ci sont souvent des « cas limites », la réalité se situant plus probablement aux interactions entre ces modèles. Pour la comprendre, il faut multiplier et intégrer ces différentes grilles de lecture afin d'en avoir une représentation complète (Perrin, 2001).

Choulier définit ainsi trois grandes approches de la conception (Choulier, 2008), lesquelles doivent plutôt être vues comme des « cas limites ».

- La première grande approche est une approche « résolution de problème », qui qualifie la conception avant tout comme une activité ayant pour but de résoudre successivement l'ensemble des problèmes posés.
- Une deuxième approche est l'approche prescriptive de la conception, c'est-à-dire une approche qui définit la conception comme une succession d'étapes bien définies.
- Enfin une troisième, et dernière approche concerne l'approche réflexive, ou encore « réflexion – action », qui considère que la réflexion du concepteur s'effectue en même temps que l'action de concevoir.

1.3.1. UNE APPROCHE RESOLUTION DE PROBLEME

Simon définit la conception comme un processus de résolution de problème (Simon, 1995). Celui-ci est une approche extrêmement rationnelle de la conception. Il réduit la conception à une succession de définitions de problèmes et recherche de solutions. En cela, il considère que tout système est décomposable, l'objectif étant de simplifier la complexité de certains problèmes en la décomposant en sous-problèmes.

Simon considère en effet que l'objectif est de surmonter les problèmes complexes en sous-problèmes plutôt que de chercher à définir cette complexité. Cette vision tend donc à oublier l'interdépendance entre les problèmes et oublier l'évolution dans le système. En effet, il n'y a selon cette approche aucun retour sur la définition du problème.

Par ailleurs, cette dernière limite pose la question des problèmes mal définis ou trop diffus, qui correspondent à la majorité des problèmes de conception. Ces problèmes évoluent en même que la recherche de solutions et semblent donc inappropriés pour cette approche.

1.3.2. UNE APPROCHE PRESCRIPTIVE

L'une des approches les plus couramment utilisées et représentées dans la littérature est l'approche prescriptive de la conception. Elle permet de structurer le processus et de le décrire comme un ensemble de tâches, séparées de jalons. Ces approches prescriptives sont avant tout axées sur le processus, qui est décrit comme un ensemble d'étapes se déroulant successivement. La modélisation est simple et permet de comprendre aisément la démarche de conception. Ainsi, le processus de conception est représenté de manière relativement linéaire et se résume en 4 grandes étapes, comme indiqué dans la figure 5 ci-dessous :

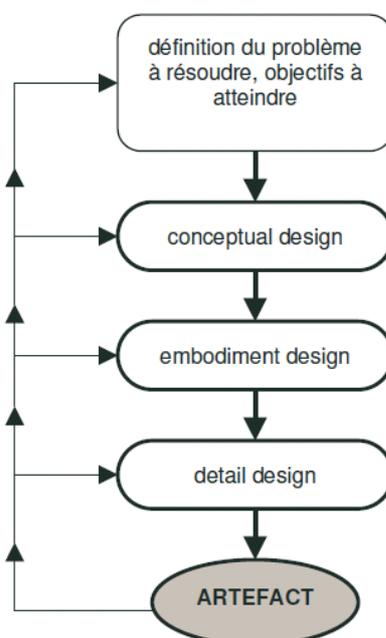


Figure 5 Processus de conception selon l'approche prescriptive (Pahl et Beitz, 1977)

➤ Une analyse du besoin

Cette étape consiste en l'identification des besoins des clients et du marché. Elle permet de définir des problèmes et des objectifs à atteindre. L'un des jalons de cette étape est généralement la mise en place d'un cahier des charges qui va permettre de bien fixer les spécifications de conception.

➤ La conception générale

La conception générale consiste en une phase d'exploration du problème posé par le cahier des charges dans le but de proposer des pistes de solutions. Par conséquent, il s'agit avant tout d'une phase créative, le but étant d'explorer au maximum l'ensemble des pistes envisagées. Cette exploration aboutit à la génération des idées et des concepts qui seront affinés dans les étapes suivantes.

➤ La conception détaillée

La conception détaillée a pour objectif de reprendre les concepts qui sont générés et sélectionnés et qui, par définition, ne sont définis que par leurs structures générales. Ainsi l'objectif de cette étape est

de les retravailler et de les affiner. Cette étape aboutit à un produit avec des spécifications techniques prêt à être lancé en production.

➤ Développement et production

La dernière étape, le développement et la production, concerne les derniers ajustements du produit afin de lancer les premières productions.

Cette approche est celle communément adoptée en conception, et constitue l'architecture-même du processus normé d'éco-conception (ISO, 2003). Elle permet une visualisation simple et efficace du processus de conception et constitue en cela une vision rationnelle. Elle en permet une meilleure maîtrise en limitant par exemple le nombre de boucles itératives. Néanmoins, cette représentation souffre de nombreuses critiques dues notamment à la rigidité de ce formalisme. Elle peut constituer plus une caricature uniquement à vocation pédagogique que le reflet de la réalité industrielle (Minel et al., 2006).

1.3.3. L'APPROCHE « REFLEXION-ACTION »

L'approche « Réflexion-action » paraît être en contradiction avec les deux approches précédentes, en proposant un modèle dynamique de la conception. En effet, le processus de conception est défini comme une alternance entre la réflexion du concepteur et l'expérimentation. Le concepteur fait évoluer en permanence sa vision du problème, ses connaissances tout en faisant évoluer également le concept. Cette approche est par conséquent beaucoup moins formelle, le concept étant vu comme le résultat, attendu ou inattendu de l'exploration du champ des possibles par le concepteur (Gero et Kannengiesser, 2008). Elle prend plus en compte l'approche individuelle du concepteur qui va chercher à structurer les problèmes et à définir un cadre de réflexion pour organiser les informations à prendre en compte et avec lesquelles il peut travailler.

1.3.4. SYNTHESE

En cherchant à comparer ces différentes approches, l'approche de « réflexion-action » semble la plus adaptée à la génération des connaissances par la prise en compte des aspects sociaux et environnementaux et les interactions possibles entre les problématiques tandis que selon (Visser, 2004) l'approche résolution de problème s'applique plus aux phases de conception détaillée. Cette approche permet en effet de faciliter le processus itératif nécessaire aux processus créatifs, mais aussi de prendre en compte la complexité des innovations qui, comme nous le verrons par la suite, doivent intégrer une approche plus globale. L'approche « Réflexion-action » est donc assez flexible et adaptable pour supporter un processus dynamique et une remise en cause permanente du problème.

Ces caractéristiques correspondent donc davantage à un processus qui prend en compte les principes du développement durable en conception. Ce processus permet en effet aux concepteurs d'intégrer plus aisément les différents enjeux du développement durable (enjeux sociaux et environnementaux par exemple) et permet aussi de supporter les notions de transfert d'impacts, vues précédemment.

1.4. DE LA CONCEPTION A L'ECO-CONCEPTION

1.4.1. POURQUOI UNE REMISE EN CAUSE DE LA CONCEPTION ?

La réflexion sur l'intégration de l'environnement dans le processus de conception a débuté dans les années 1970 et s'est concrétisée avec la parution du livre du designer Victor Papanek « Design for the real world », où l'auteur dénonçait les pratiques des designers qui favorisaient la production de masse de produits obsolètes et souvent inappropriés. Pour cela, il appelait à une responsabilité sociale et morale des concepteurs et dénonçait leur faible implication quant aux « vrais problèmes » (Papanek, 1971).

La crise environnementale a même été considérée par certains auteurs comme une crise de la conception (van der Ryn et Cowan, 1996).

Cette vague s'est depuis grandement amplifiée, notamment dans le monde « académique », comme en témoignent les travaux de Manzini (Manzini, 1993) ou, plus récemment, ceux de Vezzoli (Vezzoli, 2006), tous deux ayant appelé à des changements radicaux.

En parallèle, dans les années 1980, les industriels ont utilisé de plus en plus les analyses environnementales, soulignant l'intérêt industriel pour la prise en compte de l'environnement.

On assiste désormais à un développement toujours plus important de la prise en compte du critère environnemental, que ce soit par le développement des outils d'aide à la mise en place de la démarche d'éco-conception, que par un règlement de plus en plus contraignant ou encore la mise en place de normes internationales.

La France met ainsi en place l'affichage environnemental obligatoire des produits pour 2011 (Cros et al., 2010) et l'Espagne a développé une norme certifiable en éco-conception (Núñez et al., 2006 ; Arana-Landin et Heras-Saizarbitoria, 2011) prochainement adaptée en norme internationale.

Les concepteurs sont au cœur de l'activité industrielle et interagissent directement sur notre mode de consommer à travers l'ensemble des produits et services qui nous entourent. Ils conçoivent ces nombreux produits qui nous invitent à consommer toujours plus de ressources (Jeslma, 2006). Or, la conception a été longtemps absente des discours sur le développement durable, considérée plus comme faisant partie du problème mais jamais comme pouvant apporter une contribution à la solution (Spangenberg et al., 2010).

Les travaux de Manzini et Vezzoli cités plus tôt ont permis de changer ce point de vue. Les concepteurs doivent être considérés comme des acteurs essentiels de ce changement radical vers un développement durable (Marchand et al., 2005 ; Cucuzella et de Coninck, 2008). Ce mouvement général de cette profession de « concepteurs » est conduit par la prise de conscience que la société ne peut continuer avec le mode actuel de production et de consommation, au risque de sérieux dommages écologiques (Jones, 2003). A travers ce mouvement, les concepteurs peuvent être considérés comme des acteurs accompagnant la mise en place de nouveaux styles de vie, et pas seulement comme concevant uniquement des produits qui satisfont des désirs futiles (Cucuzella et de Coninck, 2008).

Pour comprendre le rôle majeur de cette activité dans l'évolution vers une société plus responsable, il est intéressant de se représenter la conception comme une interface entre l'expression d'un besoin et la consommation du produit qui en résulte. Ce n'est pas une activité figée qui s'arrête dès la production d'un système, mais au contraire, la conception responsable⁷ est dynamiquement liée à la consommation (Dobers et Strannegård, 2005 ; Dewberry et de Barros Monteiro, 2009).

Par conséquent, parler de conception responsable, ou d'éco-conception, sans poser comme hypothèse de départ la nécessité de remettre en cause le mode de consommation des produits s'avérerait inefficace. De plus, contrairement aux discours actuels, la modification de la demande, c'est-à-dire la transformation de la façon dont les gens consomment, ne peut être complètement imposée par une approche type « top-down ». Certes, les changements radicaux doivent être accompagnés par une législation adéquate, telle la promotion de produits éco-conçus, ou l'affichage environnemental obligatoire en France; mais ils doivent avant tout être issus de changement à l'échelle de l'action individuelle (Cucuzella, 2008).

Pour illustrer nos propos, le diagramme de la figure 6 ci-dessous montre bien les limites que pose une modélisation ne considérant que les impacts de la production (Le Pochat, 2005). L'impact environnemental total du produit est largement fonction du taux de consommation des produits et de leurs modes d'utilisation.

Ainsi, nous pouvons voir que si les stratégies de réduction de l'impact environnemental d'un produit peuvent être intéressantes, elles ne permettent pas de contrôler l'usage des ressources associées notamment à l'augmentation globale de la consommation (Dewberry et de Barros Monteiro, 2009).

⁷ Il s'agit ici de notre traduction de « Design for Sustainability »

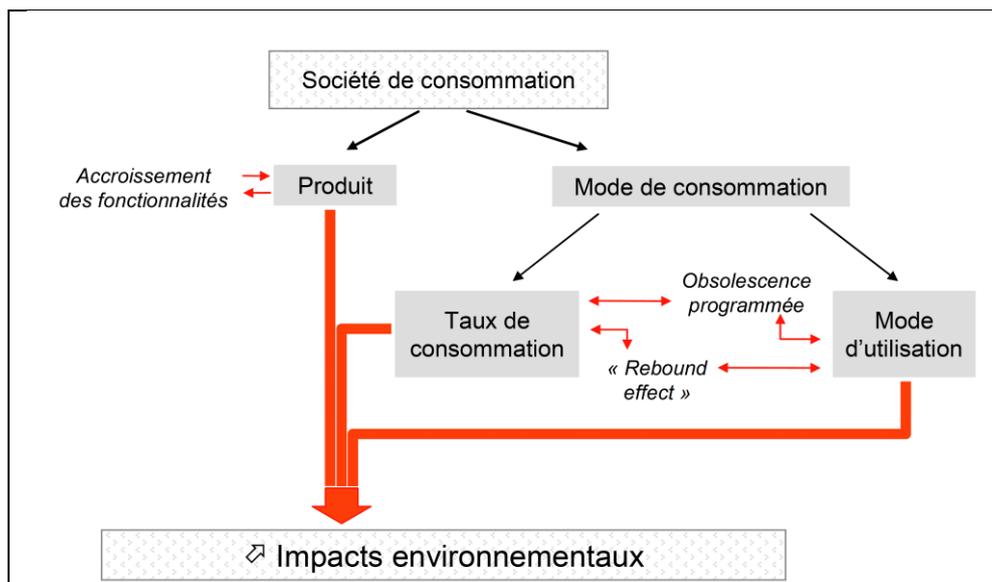


Figure 6 Représentation des paramètres influençant les impacts environnementaux (Le Pochat, 2005)

Une approche plus globale est nécessaire pour considérer des gains environnementaux réels (Cuczella, 2008). Cette approche globale, qui prend en compte les effets de la consommation dès la conception des produits, permettrait d'intégrer les « effets rebonds » de différents niveaux :

- des effets rebonds primaires qui sont focalisés sur le cycle de vie du produit et correspondent à des transferts d'impact entre phases du cycle de vie ou entre impacts environnementaux. Ces effets rebonds peuvent être analysés à l'aide d'une analyse de cycle de vie (ACV).

- des effets rebonds secondaires qui correspondent à l'augmentation globale de la consommation du produit. Ceux-ci doivent être considérés dans une approche plus globale et stratégique. Ce principe est illustré sur la figure 7 où l'on peut observer une réduction du poids des téléphones portables entre 1994 et 2008⁸, permettant de penser à une réduction de l'impact environnemental du produit. Cependant, le graphique montre que par la diminution du poids et des prix en parallèle, nous avons assisté à une démocratisation et une croissance importante du nombre de téléphones produits, et donc un impact environnemental bien plus important.

- des effets rebonds tertiaires qui correspondent à des effets psychologiques. Par exemple, des personnes se sentant concernées par les thématiques du développement durables peuvent choisir de consommer un produit uniquement parce qu'il est éco-conçu, sans se soucier de la pertinence de leur besoin et de ce produit (Paech, 2000).

⁸ Nous pouvons extrapoler la courbe de la figure 157 avec la première génération de cellulaire (1G) apparue en 1986 et pesant presque un kilo

Téléphone portable:
Réduction matière / Volume de production

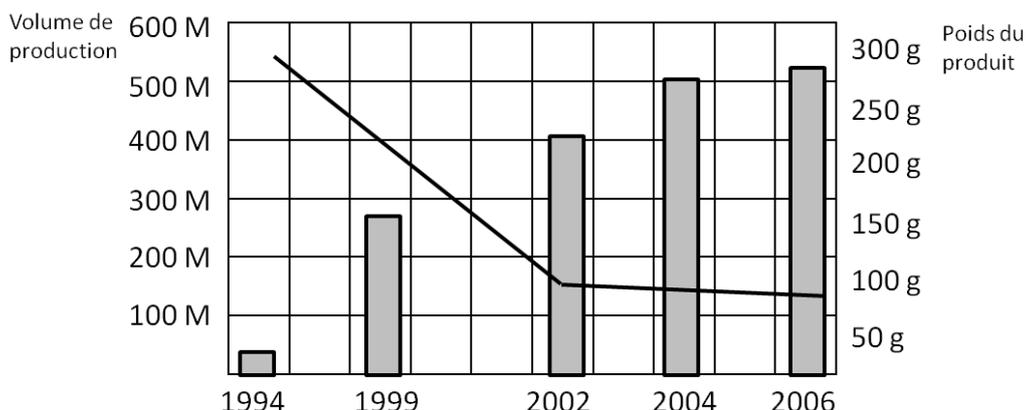


Figure 7 Evolution du poids moyen et du volume de production des téléphones portables de 1994 à 2006

Pour modéliser le diagramme proposé sur la figure 6, Erlich a proposé une équation mettant en relation la consommation, la population et la technologie (Ehlich et Holdren, 1972). Cette équation montre que l'impact environnemental est lié non seulement aux technologies employées, mais aussi aux modes de consommation et à la population :

$$I \text{ (impact environnemental)} = A \text{ (consommation)} \times P \text{ (population)} \times T \text{ (technologie)}$$

Par conséquent, la conception responsable doit jouer sur ces trois principes :

- une amélioration des techniques de production des produits tout au long de son cycle de vie,
- une remise en cause des produits en revenant aux besoins même des consommateurs,
- une amélioration du mode d'utilisation de ces produits à travers le comportement de l'utilisateur et la manière dont les produits sont utilisés.

La démarche de conception environnementale doit donc sortir du cadre du produit seul pour imaginer de réelles alternatives. Sans une prise de conscience du rôle majeur de la conception et une contribution des concepteurs, les perspectives de transition vers un développement durable ne peuvent être envisagées (Spangenberg et al., 2010).

1.4.2. LES DIFFERENTES INTEGRATIONS DE L'ENVIRONNEMENT DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION

Face à ces nouveaux défis, le monde industriel et le monde académique se sont rapidement appropriés ces notions environnementales. On retrouve ainsi un ensemble de définitions et d'outils qui ont été développés afin de prendre en compte le critère environnemental dans le processus de conception de produits et services.

Ces différentes approches de l'intégration de l'environnement dans le processus de conception divergent fortement selon leurs champs d'action, leurs objectifs ou encore le public concerné. Elles reflètent ainsi la complexité de la thématique environnementale en conception. En effet, si le concept de développement durable est accepté dans ses grandes lignes, il divise extraordinairement tant dans ses nombreuses applications que dans ses multiples définitions au niveau de l'entreprise.

Dans un but de clarifier ces différentes démarches, certains chercheurs se sont attelés à les modéliser en les classant suivant différents paramètres. Certains ont pris comme référence le périmètre d'étude de ces approches, d'autres ont considéré le niveau d'efficacité pouvant être atteint. Enfin, les deux dernières modélisations prennent comme référence le niveau d'intégration dans l'entreprise ou encore le niveau d'innovation.

Le tableau 4 ci-dessous et les paragraphes suivants résument les principales contributions dans ces classements.

Auteur	Paramètre de classification
Bras (Bras, 1997)	Frontière spatiale (Niveau d'organisation pris en compte : cycle de vie du produit, gamme de produit, entreprise, société...) Frontière temporelle (Durée de vie du produit, durée de vie humaine, civilisation)
Brezet / Charter (Brezet, 1997, Charter et Chick, 1997)	Niveau d'éco-efficacité (Brezet, 1997) ou Bénéfices environnementaux (Charter et Chick, 1997) en fonction du temps
Millet (Millet, 2003)	Intégration du critère environnemental dans l'entreprise : éco-conception partielle, classique ou innovante
Wiggum (Wiggum, 2004)	Niveau d'innovation en fonction du potentiel de réduction de matières ou d'énergies

Tableau 4 Classification des approches environnementales

a) Approche de Bras (Bras, 1997)

La modélisation proposée par Bras (figure 8) est l'une des premières à avoir été mise en place. Elle propose de classer l'ensemble des outils et approches suivant deux paramètres :

- l'échelle de temps : agit-on sur du court terme, à l'échelle de la durée de vie du produit, ou au contraire sur du long terme, à l'échelle de la durée de vie humaine ?
- le niveau d'organisation impactée : prenons-nous en compte un produit, une gamme de produit, ou considère-t-on un ensemble d'entreprises ?

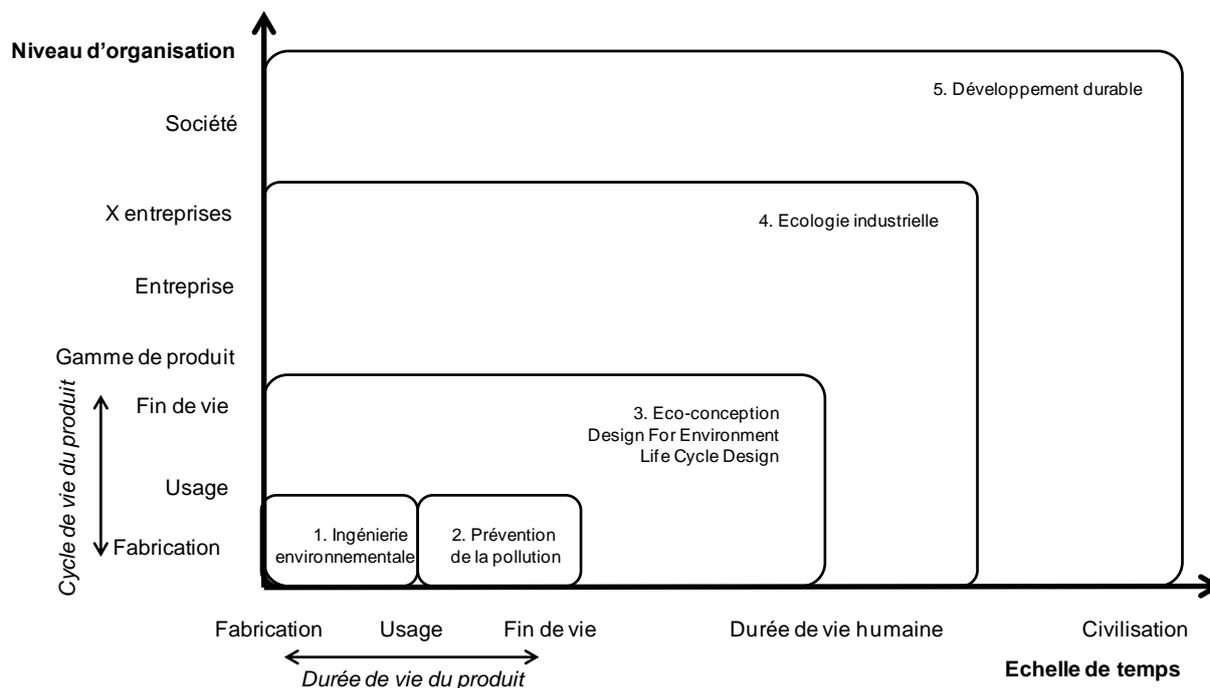


Figure 8 Modélisation de Bras (Bras, 1997)

Cette modélisation a conduit à identifier trois champs d'études majeures :

- Un premier champ d'étude, qui considère chaque étape du cycle de vie séparément et qui peut être un travail sur des matières premières ou encore sur un processus particulier de fabrication. Il s'agit donc avant tout d'approches curatives, cherchant à limiter les impacts déjà engendrés par la conception du produit. On parle alors de « ingénierie environnementale ».

- Un second champ d'étude, qui consiste en une vision beaucoup plus intégrée et qui considère l'impact environnemental d'un produit dans l'ensemble de son cycle de vie. Dans ce cas, l'étude porte sur l'impact global d'un produit ou d'un service. Il s'agit ici d' « éco-conception ».

- Un dernier champ d'étude, qui propose de dépasser les frontières classiques du produit pour envisager un système industriel global. Il ne s'agit plus ici d'adopter une vision sur du court-terme mais au contraire, l'écologie industrielle demande une réflexion sur du long-terme, et prend donc en compte non plus un seul produit fabriqué par un seul acteur industriel, mais une diversité d'offres fabriquées par diverses industries n'appartenant pas nécessairement au même secteur industriel.

b) Les approches de Brezet et Charter (Brezet, 1997) (Charter, 1997)

Les approches de Brezet et Charter sont relativement similaires. Elaborées durant la même année, elles présentent un classement suivant les bénéfices environnementaux potentiels.

La figure 9 ci-après présente ces deux modélisations.

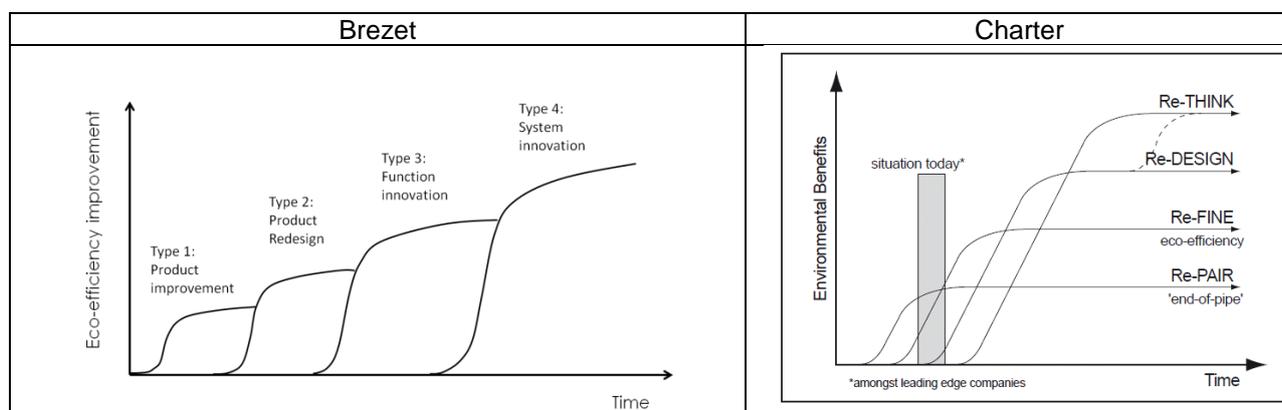


Figure 9 Modélisations de (Brezet, 1997) et (Charter, 1997)

Brezet se focalise notamment sur les différents types d'innovations et leurs éco-efficacités potentielles.

Ainsi, le niveau 1 d'innovation correspond à l'amélioration incrémentale d'un produit. Par similitude, Charter le nomme « Re-PAIR ». Il s'agit donc avant tout de réparation des dommages déjà établis. Ce premier niveau se positionne sur un produit déjà établi et dont la marge de manœuvre est très faible. Par exemple, un produit peut être amélioré par l'intégration de matériaux recyclables.

Le niveau 2 concerne la re-conception d'un produit, ou « Re-FINE ». Dans ce cas, le produit peut être repensé en vue d'une re-conception moins impactante sur l'environnement. Les marges de manœuvre sont donc plus grandes. Par exemple, au-delà de l'intégration de matériaux recyclable, cette étape revient à re-concevoir le produit en vue de faciliter son démantèlement. Le produit est donc repensé pour favoriser une fin de vie moins impactante.

Le niveau 3 concerne une innovation fonctionnelle sur le produit. Par similitude, cela revient au Re-DESIGN de Charter. Dans ce cas, le processus doit démarrer en amont du processus de conception pour redéfinir la fonction même du produit et y répondre de manière moins impactante. Ce niveau remet donc en cause la structure même du produit. Par exemple, ce niveau peut conduire à imaginer un produit beaucoup plus modulable afin de permettre d'améliorer la durée de vie même du produit. Dans ce cas, le produit est totalement repensé et la problématique de fin de vie est abordée totalement différemment.

Le niveau 4 est le plus audacieux. Il correspond au Re-THINK de Charter et concerne avant tout une innovation sur le système. Il semble donc être plus compliqué au niveau industriel car il demande l'intervention de nouvelles parties prenantes, telles que les institutions ou de nouvelles entreprises, mais nécessite aussi un profond changement culturel de la société. Ce dernier niveau reviendrait dans notre exemple à mettre en place un système de services de partage ou d'échange entre utilisateurs de produits en vue d'être réparés. On se rend ainsi bien compte que l'entreprise seule ne peut agir. Cela nécessite

l'appui de partenaires et une modification des valeurs des consommateurs. Néanmoins, elle est porteuse de changement radicaux et de bénéfices environnementaux majeurs.

Ces modélisations ont, par la suite, été agrémentées d'informations complémentaires, portant notamment sur l'importance des modifications demandées à chaque niveau d'innovation (Ehrenfeld et al., 2008). Ces modifications sont distinguées selon qu'elles portent sur le produit, l'infrastructure ou encore sur le comportement de l'utilisateur. On remarque que seule une innovation sur le système demande une modification sur ces 3 axes. Elle demande en effet de mettre en place de nouveaux produits répondant aux besoins (dans notre exemple, le produit devra être adapté pour un système d'échange, donc être plus robuste et plus neutre), des infrastructures adaptées pour garantir le bon fonctionnement du système (dans notre exemple, il s'agirait de mettre en place de nouveaux services de réparation du matériel, ou d'interface entre utilisateurs) et elle demande enfin une modification du comportement de l'utilisateur (l'utilisateur est-il prêt à ne plus avoir de produit « personnel » mais uniquement à la demande ?).

Le tableau 5 ci-dessous tiré de (Ehrenfeld, 2008) reprend donc les modifications nécessaires pour les 4 niveaux de Brezet :

Niveau	Modification du produit	Modification de l'infrastructure	Modification dans le comportement de l'utilisateur
Reconception des produits et services	Nulle ou mineure	Non	Non
Innovation fonctionnelle	Importante	Nulle ou mineure	Mineure
Innovation institutionnelle	Nulle ou mineure	Importante	Importante
Innovation du système	Importante	Importante	Importante

Tableau 5 Caractéristiques des différentes catégories d'innovation définies par Brezet (Ehrenfeld, 2008)

c) L'approche de Millet (Millet, 2003)

Les 3 premières approches proposées ne prennent pas en compte l'entreprise en tant qu'acteur dans la mise en place de l'éco-conception. Dans une volonté de centraliser l'action sur l'entreprise, l'approche proposée par Millet a donc cherché à caractériser la démarche suivant le niveau d'intégration dans l'entreprise.

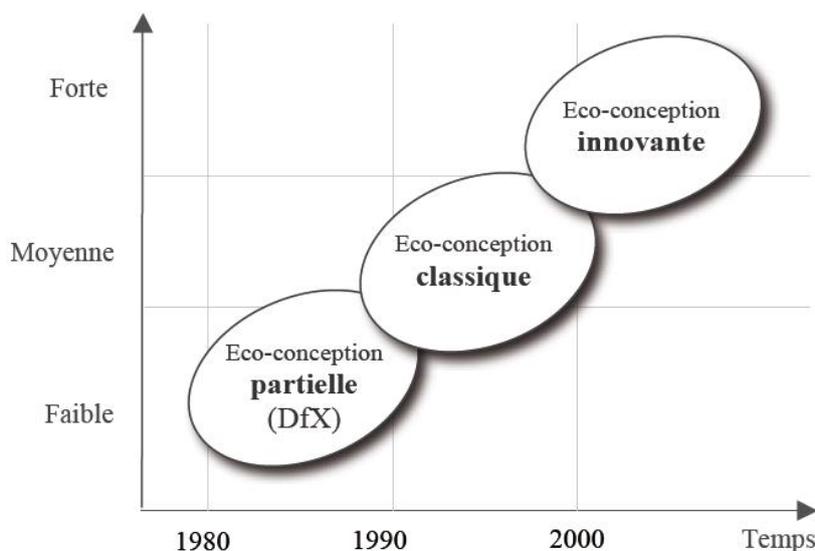


Figure 10 Classement des démarches environnementales proposées par (Millet, 2003)

La figure 10 nous permet ainsi d'identifier 3 grands types de démarches :

- Les démarches d'éco-conception partielles ;

Dans cette démarche, l'environnement est essentiellement perçu comme une nouvelle contrainte à intégrer dans le processus d'éco-conception. Le critère environnemental est géré comme une contrainte supplémentaire à intégrer au cahier des charges du produit. Cette démarche reprend donc une approche « end-of-pipe », donc de gestion à minima des impacts environnementaux, en ne s'intéressant qu'à une étape du cycle de vie, comme par exemple le *design for recycling*.

Cette démarche aboutit à une faible modification du produit et des procédés qui lui sont associés.

- Les démarches éco-conception classiques ;

Dans cette démarche, l'environnement est perçu comme un nouveau critère usuel, qui s'inscrit sur un même plan que tous les autres critères de conception. Cette démarche permet une prise en compte multicritère de l'environnement et l'ensemble du cycle de vie du produit est considéré, depuis la matière première jusqu'à la fin de vie.

- Les démarches d'éco-conception innovantes ;

Comme nous le verrons, cette démarche est la plus rare dans le monde industriel. L'environnement y est perçu comme une nouvelle valeur de développement de l'entreprise.

L'environnement n'est plus uniquement associé au développement du produit lui-même mais au développement d'une nouvelle offre et/ou la mise en place d'un nouveau modèle économique de l'entreprise. Cette démarche se focalise sur le service que doit fournir le produit à l'utilisateur et vise une amélioration radicale du produit. Nous pouvons assimiler cette notion d'éco-conception innovante avec la celle d'éco-innovation.

Reyes retire ainsi de cette modélisation une distinction entre 3 échelons d'appropriation du concept environnemental par l'entreprise (Reyes, 2007) :

- Le niveau concret et technique où l'entreprise cherche à concevoir des produits moins impactant pour l'environnement;
- Le niveau méthodologique où l'ensemble des activités liées à la conception est impliqué dans la démarche environnementale;
- Le niveau des valeurs où l'ensemble des activités économiques, administratives et techniques agit en fonction de la dimension environnementale.

d) Approche de Wiggum (Wiggum, 2004)

Enfin, notre état de l'art nous permet de prendre en compte une dernière contribution qui s'avère légèrement différente des trois approches précédentes. Wiggum propose en effet de modifier la modélisation de Brezet pour considérer avant tout les potentiels d'innovation (figure 11). Ainsi, il propose de modéliser l'intégration de l'environnement à travers deux axes : le potentiel d'innovation d'une part, et d'autre part, la réduction de consommation de ressources (énergie et matière). Cette modélisation propose ainsi 4 étapes :

- La re-conception du produit ;
- Les modifications du cycle de vie du produit, ce qui revient à la pratique de l'Analyse de Cycle de Vie du produit ;
- La modification du concept même, à travers notamment la dématérialisation, ou une redéfinition du besoin en vue d'y répondre le plus efficacement ;
- Une modification des infrastructures, de l'organisation des sociétés ou encore des institutions.

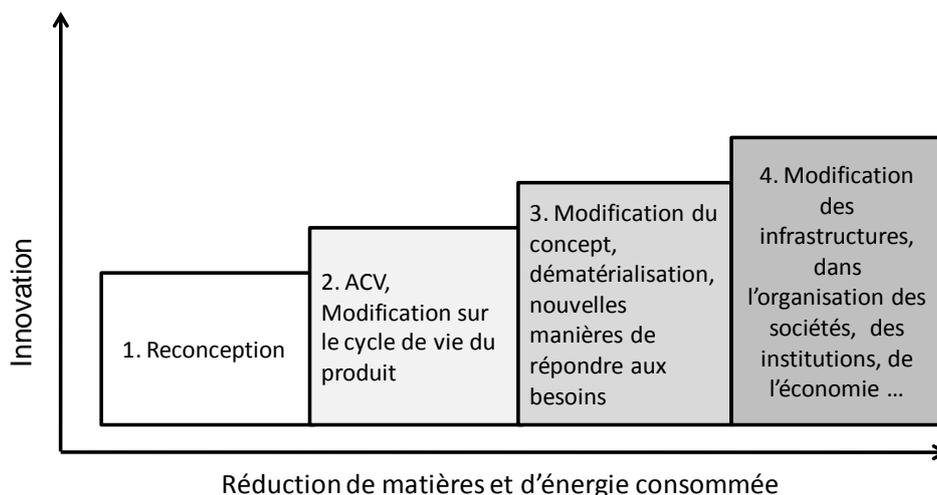


Figure 11 Modélisation de (Wiggum, 2004)

Cette représentation présente l'avantage de poser en paramètre le potentiel d'innovation et de proposer directement dans le modèle des pistes de réflexions.

e) Recherche d'éco-efficience

L'ensemble de ces modélisations se focalise malgré tout sur un principe fondateur : l'éco-efficience. Ce concept a été défini précisément par le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable, le WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) en 1995.

Il définit l'éco-efficience comme : « la production de produits et services à des prix concurrentiels qui satisfont les besoins humains et procurent une qualité de vie, tout en réduisant progressivement les conséquences écologiques et le recours à de nombreuses ressources pendant le cycle de vie, à un niveau équivalent au moins à celui de la capacité estimée de la planète » (WBCSD, 1995).

Ainsi, ce concept est orienté principalement vers un concept industriel, valorisant notamment la création de valeurs tout en la reliant aux préoccupations environnementales.

L'éco-efficience a été modélisée par Park avec une équation simple basée sur le ratio entre la valeur de l'offre (qualité, fonctionnalité...) et l'impact environnemental du produit ou du service tout au long de son cycle de vie (Park et Tahara, 2007).

$$\text{Eco - efficience} = \frac{\text{Valeur du produit ou service}}{\text{Somme des impacts environnementaux}}$$

Cette équation met en évidence les 3 potentiels d'amélioration :

- (1) Optimiser l'utilisation des ressources naturelles, ce qui doit inclure le fait de minimiser la consommation d'énergie, des matières, de l'eau, d'augmenter la recyclabilité et la durabilité des produits...
- (2) Réduire les impacts environnementaux, en minimisant, par exemple, les déchets et les substances toxiques...
- (3) Accroître la valeur des produits ou services, ce qui signifie donner plus de valeurs pour les utilisateurs, par la modularité du produit, ses fonctionnalités, avec des services additionnels... Par contre, la valeur de l'offre doit être améliorée avec un ratio plus important.

En parallèle, le WBCSD propose un ensemble de principes d'éco-efficience (tableau 6), qui seront par la suite utilisés dans certains outils d'éco-innovation.

Principes proposés par le WBCSD (1995)
la réduction de la demande de matériaux pour les produits et services; la réduction de l'intensité énergétique des produits et services; la réduction de la dispersion des substances toxiques; l'amélioration de la recyclabilité des matériaux; l'optimisation de l'utilisation durable des ressources renouvelables; la prolongation de la durabilité des produits; l'accroissement de l'intensité de service des produits et services.

Tableau 6 Principes proposés par le WBCSD

1.4.3. FOCUS SUR L'ECO-CONCEPTION

L'éco-conception est une démarche de plus en plus adoptée par les entreprises. Les réglementations européennes telles que la Politique Intégrée Produit (PIP) ou encore la réglementation EuP sur les produits consommateurs d'énergies encouragent directement les entreprises à s'orienter vers ce type de démarche. L'éco-conception est définie par la norme ISO 14 062 comme une approche globale et multicritère de l'environnement, laquelle est fondée sur la prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie des produits (ISO, 2003). Ainsi la norme ISO 14 062 propose d'intégrer le critère environnemental depuis la planification de conception jusqu'à la revue de conception du produit. Le tableau ci-dessous résume les directions prônées par la norme.

Etape du processus	Intégration de l'environnement
Planification	Envisager les aspects environnementaux Formuler les exigences environnementales
Conception préliminaire	Brainstorming Analyse orientée cycle de vie
Conception détaillée	Finaliser les spécifications du produit en incluant le cycle de vie
Essai /prototype	Vérifier les spécifications environnementales
Lancement sur le marché	Communiquer sur les aspects environnementaux
Revue du produit	Prendre en considération le cycle de vie

Tableau 7 La conception environnementale selon la norme ISO 14 062

L'éco-conception fait par ailleurs appel à un ensemble de notions fondamentales :

- L'approche cycle de vie

Elle consiste à considérer que la responsabilité du producteur va bien au-delà de la production de ses matériaux. Il s'agit d'une approche fondamentale (figure 12) qui prend en compte le produit durant tout son cycle, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie du produit (Sherwin, 2000). Le cycle de vie des produits est donc un élément incontournable qui doit être pris en compte pour établir des stratégies de conception fondées sur la circulation des matériaux (Sarja et al., 1999). Cette notion fait appel au principe de responsabilité élargie du producteur (la responsabilité d'un producteur s'étend au-delà de la conception ou de l'utilisation du produit, mais concerne également la fin de vie des produits).

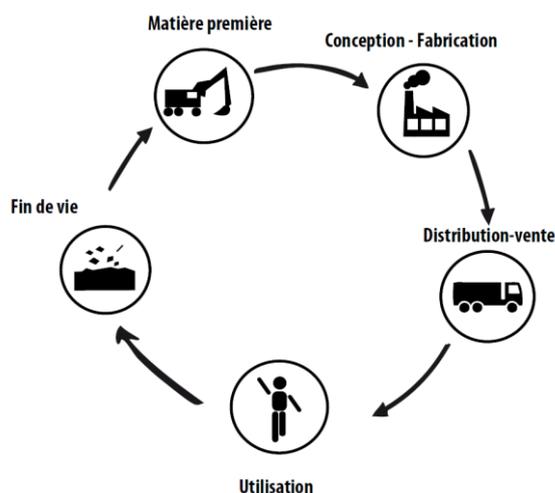


Figure 12 Cycle de vie générique d'un produit

- L'approche multicritère

Cette notion est une réponse à la complexité de l'environnement et permet de considérer l'ensemble des impacts potentiels d'un produit ou service sur l'environnement. Ces impacts peuvent concerner l'épuisement des ressources naturelles, mais aussi l'impact sur le milieu naturel, ou encore l'impact sur la santé humaine. Le tableau 2, cité précédemment, reprend les différents impacts étudiés dans l'ACV.

- L'approche globale

Cette notion consiste à considérer non pas un produit seul, mais un système de produits. En effet, un produit n'est jamais isolé mais au contraire fait partie d'un système global de produits auxiliaires, de consommables et de services.

L'éco-conception correspond donc en réalité à différentes approches telles que l'analyse environnementale, le Design For Environment (DFE) englobant également des approches DFX (Design for Assembly/disassembly, Design for Recycling,...), et qui aboutissent généralement à des propositions ou des pistes d'améliorations afin de reconcevoir le produit.

1.4.4. OUTILS D'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET D'ECO-CONCEPTION

Dans la panoplie d'approches pour accompagner les phases de conception, il existe également des outils d'analyse environnementale qui ont pour objectif principal d'informer le concepteur sur l'impact environnemental des systèmes conçus. Ainsi, ils sont destinés à être un support d'aide à la prise de décision par les différents acteurs liés au système étudié. Cette prise de décision s'effectue dans un contexte particulier qui est décrit, notamment dans (Finnveden et Moberg, 2005), par le type d'acteur engagé, l'échelle de décision, la complexité et l'incertitude liées de cette décision, l'échelle de temps concernée (court, moyen ou long-terme) ; ou encore l'activité concernée (recherche, développement de produit, investissement), etc.

Les outils associés sont souvent classés suivant les informations qu'ils nécessitent et, par conséquent, le type de résultat qu'ils proposent. Ils peuvent être quantitatifs, (et donc requérir un nombre important de données), semi-quantitatifs ou qualitatifs.

➤ L'Analyse de Cycle de Vie

Parmi les outils quantitatifs, l'analyse de cycle de vie (ACV) est la plus reconnue dans les communautés scientifique et industrielle.

L'ACV se définit suivant la norme ISO 14 040 comme « une compilation et évaluation des entrants et des sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de

son cycle de vie » (ISO, 1997). Le processus consiste en une quantification des flux de matières et énergies liés aux opérations ou activités mises en œuvre ; puis en la traduction de ces quantités en un nombre réduit d'indicateurs mesurant leur impact sur l'environnement (épuisement des ressources, écotoxicité, réchauffement climatique...) à l'aide de méthode de calculs.

Une démarche ACV réside en 3 principales étapes, décrites dans la norme ISO 14 040.

- La première étape consiste en une phase d'orientation de l'étude. Durant cette étape, il est demandé par exemple de préciser et de justifier le périmètre d'étude, l'unité fonctionnelle du système, les types d'impacts environnementaux étudiés et les méthodes utilisées pour les obtenir. Cette étape est essentielle car elle permet de justifier l'ensemble de l'étude par les répercussions qu'elle engendre.

- La deuxième étape correspond à l'inventaire du cycle de vie. Il s'agit avant tout de recueillir l'ensemble des données nécessaires à la réalisation de l'étude. Pour cela, l'ensemble des flux entrants et sortants (énergie, matières, eau...) est identifié et quantifié. Cette étape est souvent associée à la notion de complétude et de représentativité des données : quel est le pourcentage de données considérées ? Les données sont-elles représentatives de la réalité ou s'agit-il d'approximations ?

- La troisième étape a pour objectif de traduire ces flux en impacts ou dommages environnementaux. Cette traduction s'effectue à l'aide de différentes méthodes de calcul.

L'ACV comme méthode d'évaluation utilisable par les entreprises, peut être décrite selon trois principes : (Millet et al., 2005) :

- il s'agit d'une méthode qui permet une identification des forces et des faiblesses du système étudié avec un point de vue environnemental;
- elle permet de rationaliser une réalité complexe;
- elle constitue une méthode « informatisée ». Elle est en effet utilisée à travers des logiciels spécifiques qui regroupent un ensemble de bases de données et de méthodes de calculs.

Cette méthode présente néanmoins de nombreuses limites. Comme nous l'avons vu, la fiabilité d'une ACV dépend notamment de l'inventaire réalisé et de la fiabilité des données récoltées. Cette étape d'inventaire peut s'avérer complexe et longue à réaliser. Par ailleurs, les résultats obtenus sont difficilement compréhensibles par un groupe non formé, et surtout sont largement soumis à interprétation. En effet, il existe un manque de consensus sur de nombreux points concernant l'évaluation environnementale de produits (Manzini., 2006).

En fonction des diverses justifications fournies dans le cadre de l'étude, l'interprétation des résultats peut varier. C'est notamment pour cela que la norme exige que chaque analyse ait une revue critique réalisée par un expert extérieur à l'étude (ISO). Enfin, l'ACV est un outil destiné à des experts, demandant donc une formation préalable des utilisateurs. Pour ces raisons, l'ACV est parfois perçue comme un outil difficilement appropriable par les entreprises et peu compatible avec les besoins des concepteurs.

Face à cette méthode ACV, il existe un ensemble d'outils permettant de faciliter la démarche et d'aborder l'analyse environnementale de façon plus simple. Par le fait qu'ils demandent moins de données, ces outils peuvent par ailleurs s'intégrer plus en amont du processus de conception.

➤ La matrice MET (Material-Energy-Toxicity)

La matrice MET a été conçue avec l'objectif de faire l'inventaire des principales informations environnementales concernant un système, en un minimum de temps et d'efforts (Brezet et Van Hemel, 2007). Cet outil est constitué d'une matrice qui recueille les informations en fonction de la phase du cycle de vie concernée et selon 3 types d'impacts environnementaux :

- Le cycle des matériaux : cette catégorie recense le type de matériau utilisé, la consommation de ressources ou encore la génération des déchets ;
- L'utilisation d'énergie : cette catégorie recense la quantité et le type d'énergie utilisés sur chaque phase du cycle de vie ;
- Les émissions toxiques : cette catégorie recense l'ensemble des émissions toxiques tout au long du cycle de vie du produit, qu'elles soient dans l'eau, l'air ou le sol.

Alors qu'initialement la matrice MET distinguait seulement trois étapes sur le cycle de vie (Production, Utilisation et Fin de vie), on retrouve désormais une distinction des 5 principales étapes.

La figure 13 ci-dessous illustre une matrice MET remplie.

MET MATRIX: Lightweight chemical detector 3.2E		Materials – inputs and outputs	Energy use – inputs and outputs	Waste and emissions outputs
Production and supply of materials and components		Plastics (0.4 t) stainless steel (0.04 t)	High energy usage: stainless steel, plastics	tbd
In-house production		Fixings, solder, sieve material (0.02 t)	Process energy (wash and bake process) Est. 458,828 kg CO ₂ e	0.01 t hazardous waste 40 m ³ industrial effluent to sewer
Distribution	Operation	Packaging	Fuel	(Carbon emissions)
Utilisation		1 sieve pack per 250 h usage Batteries: 40 h lifetime	Est. 10,000 kg CO ₂ e	Contaminated sieve packs batteries
End-of-life	Servicing	Broken/damaged parts	Transport	Plastic parts (0.02 t)
	Recovery	Packaging	Upgrades generate est. 8920 kg CO ₂ e	tbd
	Disposal	Packaging (0.01 t)	Process est. 5000 kg CO ₂ e	Batteries PCB's Plastics (coated) (0.4 t)

Data based on 'per 1000 units'.

Figure 13 Exemple de matrice MET (Knight et Jenkins, 2009)

➤ L'approche ESQCV (Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie)

L'approche ESQCV est une approche développée en France, qui reprend et généralise les principes de la matrice MET, tout s'inspirant fortement de la démarche ACV. Le cadre général de l'ESQCV est défini dans le document FD X 30-310 de l'AFNOR.

Cette approche repose sur 3 étapes principales :

(1) Une première étape, tout comme l'ACV, concerne l'identification de l'objectif de l'étude ainsi que la définition de l'unité fonctionnelle.

Lors de cette étape, l'évaluateur est appelé également à identifier les principaux problèmes environnementaux du produit étudié. Ces problèmes environnementaux, indicés Pi, correspondent en réalité au terme plus spécifique d' « impacts environnementaux » (dans l'exemple de la figure 13 ci-dessous, ces problèmes environnementaux sont : pollutions et déchets, épuisement des ressources naturelles, bruits et odeurs...). Nous remarquons ainsi que l'approche ESQCV accorde, d'un côté, plus de liberté à l'évaluateur en lui laissant l'identification du problème, mais d'un autre côté, elle s'appuie davantage sur son expertise. Cette étude demande donc une recherche approfondie, en amont, des problèmes pertinents sur le produit étudié..

(2) Une deuxième étape concerne la visualisation des contributions des étapes du cycle de vie sur ces différents problèmes, comme illustré dans la figure 14.

(3) Enfin, dans une troisième étape, l'approche ESQCV demande par la suite des données chiffrées sur ces problèmes puis des solutions pour les résoudre.

	Extraction des matières premières	Production	Distribution	Utilisation	Traitement du produit	Transport
P1 Ex : pollutions et déchets						
P2 Ex : épuisement des ressources naturelles						
...						
Pi : Ex : bruits, odeurs ...						

Figure 14 Exemple de matrice ESQCV

Nous remarquons donc que l'outil ESQCV propose une démarche plus structurée et approfondie que la matrice MET et constitue une première approche extrêmement pertinente pour l'intégration de l'environnement dans les entreprises.

Nous pouvons aussi remarquer que, tout comme la matrice MET, cet outil repose largement sur des informations disponibles pour l'évaluateur, mais aussi sur l'expérience de l'équipe projet qui réalise cette étude (van Erkel, 1997).

Néanmoins, ces différents outils d'analyse environnementale (ACV, matrice MET, ESCV), qui permettent d'identifier le produit d'un point de vue environnemental, n'ont qu'une portée limitée si les points forts et les points faibles environnementaux mis en avant ne sont pas répercutés et intégrés dans le processus de conception (Millet et al., 2005 ; Leroy, 2009). L'outil ATEP présenté dans le paragraphe ci-après est intéressant de ce point de vue.

➤ Le logiciel ATEP (Analyse Typologique Environnementale des Produits)

Destiné prioritairement aux PME, l'outil ATEP et la méthode MAEICO qui en résulte, ont été développés par (Le Pochat, 2005), qui propose une démarche complète d'éco-conception.

Le logiciel ATEP est en effet une méthode d'éco-conception intégrée qui propose une évaluation du produit afin de hiérarchiser les étapes du cycle de vie les plus impactantes dans le but de soumettre des pistes de reconception.

Il s'agit donc d'un algorithme qui repose sur le principe d'une analyse typologique des produits permettant de hiérarchiser l'importance des aspects environnementaux.

Ces aspects environnementaux sont : les Matières premières, la Fabrication, l'Utilisation, l'Aspect recyclabilité de la fin de vie, l'Aspect substances dangereuses de la fin de vie, les Transports et les Emballages.

ATEP propose donc au concepteur de répondre à un jeu de questions concernant l'entreprise et le produit en question, sous forme qualitative et quantitative. A partir de ce questionnaire, le logiciel peut ainsi hiérarchiser les 7 aspects environnementaux et dans un dernier temps proposer un ensemble de « Ligne Directrices » dans un souci de reconception du produit (figure 15). Par exemple, une ligne directrice peut être : « Eviter les matériaux ayant un contenu énergétique élevé (ex : aluminium pour des produits à durée de vie courte, ...) ».

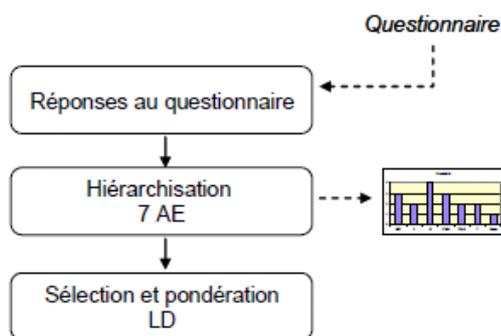


Figure 15 Principe de l'outil ATEP (Le Pochat, 2005)

Le logiciel ATEP propose, plus généralement, une démarche allant de l'évaluation du produit par une hiérarchisation des impacts environnementaux, à des pistes de solutions en vue d'une reconception du produit. Cet outil présente l'intérêt d'être simple, rapidement compréhensible et appropriable, grâce notamment à une évaluation du produit se réduisant à un questionnaire.

Outre ce logiciel, un ensemble d'outils d'éco-conception a été élaboré (guideline, checklist, diagramme). Nous verrons plus spécifiquement dans l'état de l'art du chapitre 2 certains de ces outils que nous analyserons suivant une grille de lecture spécifique à notre thématique de l'éco-innovation.

1.5. LES LIMITES DES APPROCHES ACTUELLES

En analysant les démarches actuelles dans le monde industriel, on peut se rendre compte que la démarche d'éco-conception s'articule autour de deux phases majeures (Le Pochat, 2005) :

- L'évaluation environnementale ;
- L'amélioration environnementale.

L'expérience et la littérature scientifique mettent en évidence le fait que l'évaluation environnementale a pris une place prépondérante en éco-conception et est considérée comme étant au cœur de la pratique de l'éco-conception.

Sherwin souligne notamment dans ses travaux une contradiction nette entre la théorie en éco-conception, qui devrait mener à des modifications plus radicales, et la pratique qui tend vers des améliorations incrémentales. Il parle de « *dichotomie entre la théorie et la pratique* » en éco-conception (Sherwin, 2000).

L'analyse de notre recherche bibliographique met l'accent sur trois limites majeures dans la pratique de l'éco-conception « routinière » que nous proposons de détailler dans les paragraphes suivants :

- Une première limite est l'intégration tardive de l'environnement dans le processus de conception ; ce qui limite l'éco-conception à des modifications superficielles du produit (Sherwin et al, 2000 ; McAlone, 2000 ; Jones, 2003) ;
- Une deuxième limite est le manque d'approche globale, notamment liée à une décontextualisation du produit. Cette limite se perçoit aussi par le manque d'une vision sociétale et culturelle, et une sous-évaluation de l'approche utilisateur dans la pratique actuelle de l'éco-conception (Lagerstedt, 2003 ; Lilley, 2007) ;
- Une troisième limite est la conséquence des limites précédentes. La pratique actuelle de l'éco-conception tend vers une vision techno-centrée, à savoir des résultats qui sont le plus souvent des réponses orientées sur des critères techniques focalisés sur les produits, tel par exemple, le changement de matériaux (Tukker et al., 2001 ; Nuij, 2001).

1.5.1. L'INTEGRATION TARDIVE DE L'ECO-CONCEPTION DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION

Le premier point concerne donc une prise en compte du critère environnemental dans les dernières étapes du processus de conception des produits. Dans l'un de ses articles, Sherwin se pose la question de savoir si les phases amont de projet sont toujours les « meilleures » pour l'éco-conception innovante (Sherwin et al, 2000). Pour cela, il se fonde sur des expérimentations avec des entreprises dans le domaine de l'électronique, et pose deux critères : le type de projet pris en compte et le résultat en éco-conception attendu.

Il montre ainsi que si un projet a pour ambition une innovation radicale, où il est nécessaire de repenser le produit ou de développer un nouveau produit, il est essentiel d'intégrer l'éco-conception dans les phases amont de projets.

Néanmoins, si on reste dans les pratiques actuelles de l'éco-conception, orientées sur l'aspect technique ou sur des projets de re-conception, les dernières phases de conception sont plus appropriées (Sherwin et al, 2000). La figure 16 ci-dessous, associée au modèle de Charter (cf. § 1.4.2.b), illustre cette intégration tardive.

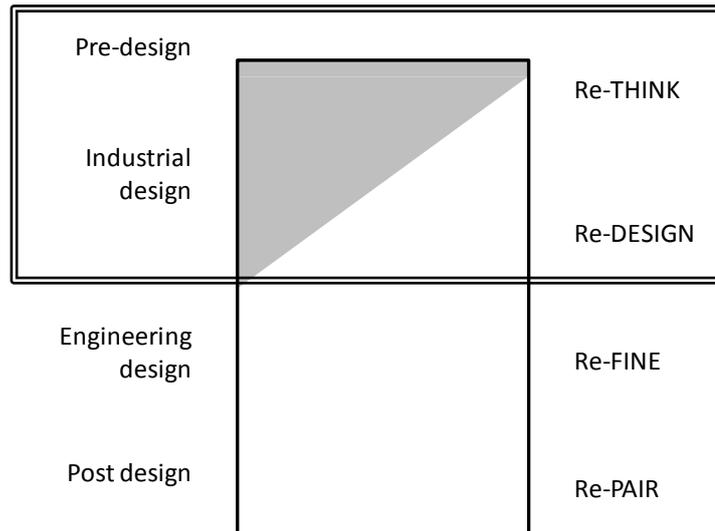


Figure 16 Modèle des phases amont d'éco-conception

Les innovations permettant des bénéfices environnementaux les plus intéressants, correspondent aux étapes *Re-THINK* et *Re-DESIGN* des phases amont de projet (Pre-design et industrial design).

Les démarches existantes en éco-conception, et en particulier les outils d'éco-conception qui ont été développés, sont très largement conduites lors des dernières étapes du processus de conception (Sherwin, 2000 ; McAlone, 2000 ; Jones, 2003).

Or comme nous l'avons vu il est reconnu que les phases amont de projet sont primordiales pour orienter le processus vers des stratégies soutenables (Jones, 2003). Nous savons en effet que la capacité d'influencer la performance environnementale sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit chute extrêmement vite en fonction de l'avancée du projet (figure 17). Les phases amont de projet se caractérisent notamment par la faible quantité de données dont disposent les concepteurs qui doivent également accepter le caractère souvent incertain des données et des informations disponibles.

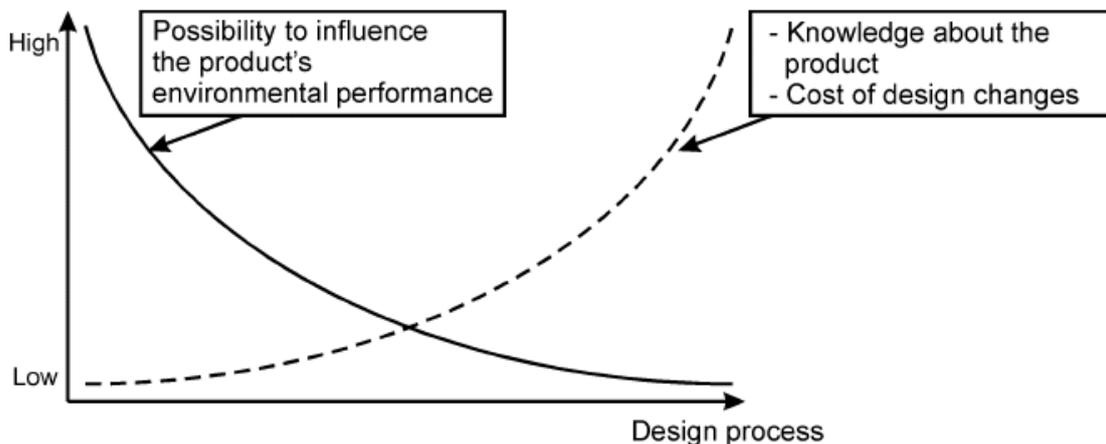


Figure 17 Influence de l'avancée du processus sur la capacité à influencer les coûts du cycle de vie (Dewulf, 2003)

Les outils développés sont donc souvent inadéquats pour les phases « amont » de conception car ils requièrent souvent une quantité importante de données, en particulier en ce qui concerne les outils se basant sur une analyse environnementale (Lagerstedt, 2003 ; Kobayashi, 2006). Cette intégration trop tardive de l'éco-conception entraîne par ailleurs des freins et des limites dans son utilisation par les industriels.

Nous pouvons établir un parallèle avec les métiers de l'ergonomie. En effet, (Minel et al., 2006), montrent par exemple que l'ergonome lorsqu'il est appelé, propose souvent une remise en cause du produit en identifiant des problèmes de conception, alors que le concept est déjà validé. Les seuls

modifications qu'il peut apporter ne peuvent donc n'être que mineures, de « bon sens », et sont souvent considérées comme conduisant à un coût supplémentaire sans réelle valeur ajoutée.

Ainsi, si la démarche intervient trop tardivement, les solutions proposées ne sont que « surfaciques », telle que par exemple l'intégration de matériaux recyclés ou recyclables. Si l'éco-conception n'est pas perçue comme une opportunité d'innovation en phase amont de projet, son intégration tardive hypothèque fortement les opportunités de remise en cause de l'offre.

1.5.2. D'UNE ETUDE DECONTEXTUALISEE VERS UNE APPROCHE PLUS GLOBALE

Les conceptions préliminaires ont pour objectif l'étude d'un produit ou d'un service dans son environnement et dans son contexte d'utilisation.

Cependant, les pratiques actuelles de l'éco-conception semblent relativement décontextualiser le produit. Souvent, le produit n'est pas perçu comme un élément dynamique évoluant dans un contexte social et culturel mais plutôt comme un élément figé dans son unité fonctionnelle, universel, sans rapport avec l'utilisateur.

Cette décontextualisation s'explique par un focus apporté généralement sur les technologies au détriment d'une analyse des usages et des fonctionnalités même du produit.

En effet, la plupart des outils d'éco-conception visent à minimiser les impacts environnementaux, en gardant les fonctionnalités inchangées (Lagerstedt, 2003). Or on sait bien que les performances environnementales dépendent largement des fonctionnalités même du produit et des usages.

Il est donc important de reconsidérer le produit, ses usages, et les fonctions qu'il remplit vis-à-vis de l'utilisateur. On peut par exemple prendre comme illustration l'une des tendances actuelles qui prône la multifonctionnalité des systèmes. L'une des justifications possibles serait qu'un objet multifonctionnel permet d'optimiser l'impact environnemental en regroupant en une seule entité différents produits remplissant des fonctions séparées. Il s'agit notamment des téléphones portables qui dorénavant font office d'appareil photo. Néanmoins, ces mêmes téléphones n'empêchent pas d'acheter des appareils photo séparément. Travailler sur la fonctionnalité d'un produit ne se traite pas en « fonction équivalente », ou en « ajout de fonctions », mais plutôt en « ajustement ». Le contexte d'utilisation est donc primordial.

Il est aussi important de considérer le contexte socio-culturel dans lequel évolue le produit ou le service considéré. Lilley et Lagerstedt soulignent que la fonction du produit ne peut se justifier qu'en comprenant le cadre dans lequel évolue le produit. L'important est avant tout d'étudier le contexte, et de ne pas se focaliser uniquement sur le produit (Lagerstedt, 2003 ; Lilley, 2007). Cette limite fait écho à la difficulté de bien définir ce qu'est un produit éco-conçu qui est notamment lié à la prise en compte d'un contexte géographique, temporel et culturel.

Prenons le cas d'une voiture de type « petite citadine ». Si l'on fait l'hypothèse que ce produit bénéficie largement des pratiques d'éco-conception, peut-on néanmoins parler d'une voiture éco-conçue si cette voiture citadine est utilisée dans de grandes villes disposant d'alternatives plus durables telles que des solutions de transport en commun ?

Un produit éco-conçu ne peut donc se définir de manière universelle et intrinsèque mais plutôt dans une logique de qualification extrinsèque liée notamment aux contextes et aux usages associés.

Si une démarche d'éco-conception s'attache uniquement à des principes environnementaux et des échelles trop restreintes, il y a un risque de ne pas considérer certains impacts et notamment les impacts sociaux potentiels (Knight et Jenkins, 2009). On peut citer par exemple le cas des matériaux électriques qui se retrouvent régulièrement dans les pays en voie de développement où les habitants utilisent des processus dangereux pour extraire les matériaux recyclables (Associated Press, 2007).

Ainsi, l'introduction d'un produit peut avoir des multiples répercussions à une échelle locale, nationale ou internationale (Cucuzella, 2008).

1.5.3. UNE VISION TECHNIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

L'une des conséquences majeures de l'intégration tardive des critères environnementaux dans le processus de conception de produit et de l'absence d'une approche globale de l'éco-conception, réside dans le fait que l'éco-conception se limite souvent à une approche orientée sur l'aspect technique du produit. Dans beaucoup de cas, elle est apparentée au changement d'un matériau pour un autre moins toxique ou dangereux (Tukker et al., 2001).

A titre d'illustration, le graphique ci-dessous (figure 18) montre notamment les résultats d'une enquête sur les pratiques de l'éco-conception au sein d'entreprises européennes.

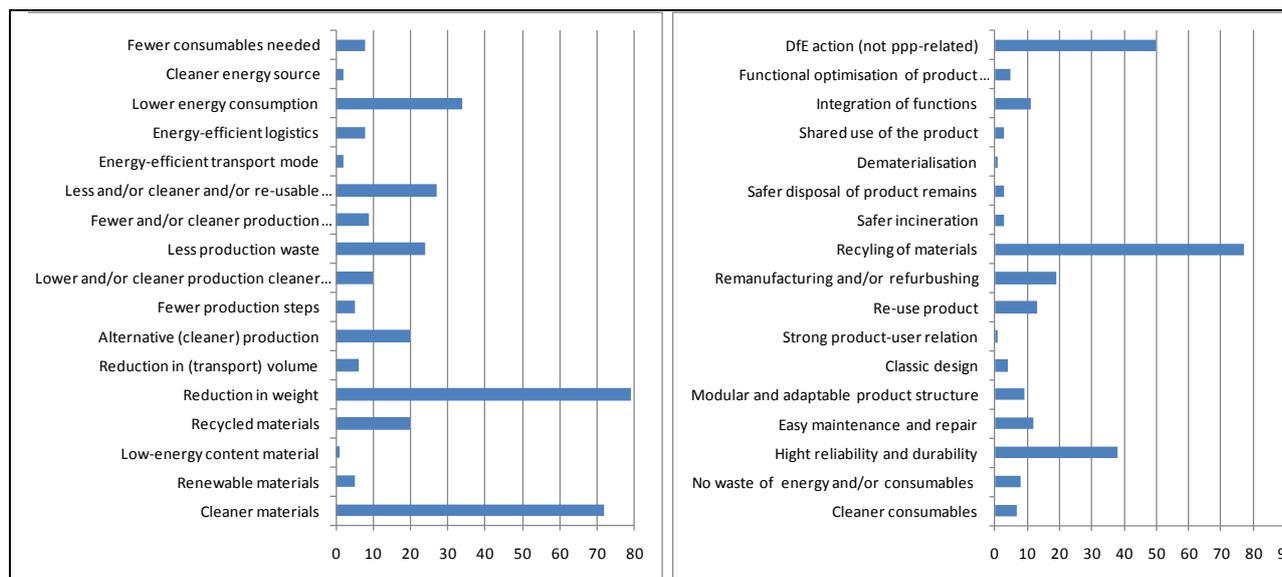


Figure 18 Résultat de l'enquête de Charter (Charter et Tischner, 2001)

Ce graphique montre clairement que la majorité des pratiques en éco-conception concerne l'utilisation de matériaux moins impactant, la réduction de poids, ou le recyclage de matériaux. Certes, ces pratiques sont efficaces et on ne peut qu'encourager ces démarches. Néanmoins, elles montrent que l'environnement est souvent associé à de l'écotecnologie (Nuij, 2001), et les principaux résultats ne concernent que des améliorations incrémentales, en employant des stratégies qui ne recherchent qu'une modification de l'aspect physique des produits (Lilley, 2007).

Les pratiques actuelles tendent donc à se focaliser sur les dimensions matérielles, technologiques de l'éco-conception et minimisent ainsi les contributions potentielles qui sont alors en décalage avec les objectifs du développement durable (Sherwin, 2000).

1.5.4. SYNTHESE

Nous avons cherché dans ce paragraphe à souligner les limites dans les pratiques actuelles de l'éco-conception. Entre l'urgence environnementale vue dans le premier paragraphe, et les solutions proposées dans le présent paragraphe, nous voyons que nous ne pouvons envisager d'atteindre un équilibre.

Par son intégration tardive dans le processus de conception, et par sa focalisation sur les enjeux purement environnementaux et limités au produit même, l'éco-conception « routinière » engendre souvent des modifications techniques sur les produits et ne favorise donc pas l'éclosion de changements plus radicaux. Pour atteindre les objectifs d'un développement durable, la plupart des études montrent le besoin d'innover et de proposer des ruptures afin de réaliser des objectifs qui ne seront pas atteignables par des trajectoires asymptotiques d'améliorations continues. Il est nécessaire désormais d'intégrer de nouvelles approches pour répondre à ces nouveaux défis (Panarotto, 2010).

Ainsi, notre hypothèse initiale est de considérer que le développement de nouvelles offres (produits, services, usages...) performantes au regard du triptyque d'évaluation (économique, environnemental, social) du développement durable, demande à être appréhendé comme un processus complexe d'innovation au sein des parties prenantes.

Il convient alors de compléter notre état de l'art en analysant les approches existantes concernant l'accompagnement des processus d'innovation et de conception innovante. C'est l'objet du prochain paragraphe.

1.6. L'APPROCHE PAR L'INNOVATION ET LA CONCEPTION INNOVANTE

Le paragraphe précédent a présenté les limites de certaines démarches actuelles d'éco-conception. On se rend compte que les pratiques actuelles sont efficaces, mais peuvent être limitées au regard des enjeux plus globaux liés au développement durable. Il est donc important de mettre en place des pratiques alternatives à l'éco-conception, plus innovantes et créatives, afin de créer de nouveaux champs d'exploration (Beckhaus, 2006). Les démarches pour impulser, soutenir et accompagner l'innovation doivent être des moyens potentiels pour intégrer les objectifs d'un développement durable dans les processus de développement de nouvelles offres.

Les pratiques actuelles soulignaient que l'éco-conception était une source potentielle d'innovation ; le raisonnement inverse, à savoir l'innovation comme point d'entrée des critères environnementaux, apparaît être une démarche plus motivante, notamment par le fait qu'en ne se réduisant pas à la réduction d'impact mais en travaillant sur la nouveauté des offres (produits, services, usages...), la démarche d'innovation est une démarche plus positive de création de valeurs (Beard et Heartman, 1999).

De plus, l'innovation est reconnue comme un facteur essentiel de performance des entreprises. La commission européenne, dans son « Livre vert sur l'innovation, » affirme notamment que « *l'innovation est indispensable. Elle permet que soient mieux satisfaits les besoins individuels et collectifs. Elle est aussi au cœur de l'esprit d'entreprise : toute entreprise se crée à partir d'une démarche en partie innovante* » (CE, 1996).

Face à ce besoin, de nombreux outils d'innovation et de créativité ont été développés, soulignant ainsi une volonté industrielle de mieux maîtriser ce processus (Cavallucci, 1999 ; Mahut et al., 2010).

1.6.1. LA CONCEPTION INNOVANTE EST UNE CONDITION DE L'INNOVATION

La littérature retraçant les différentes modélisations des processus de conception et d'innovation met en avant l'ambiguïté et la difficulté de distinguer clairement ces deux activités qui présentent de nombreuses similarités (Perrin, 2001, Choullier, 2008, Howard et al., 2008).

Howard remarque notamment ces similarités entre les processus de conception, d'innovation, et de créativité. Il montre que la description du résultat attendu d'un processus de conception présente de nombreuses similarités avec les descriptions d'un produit innovant (Howard, 2008). Choullier, dans son ouvrage sur l'activité de conception, explique, quant à lui, que la conception est une condition nécessaire, mais non suffisante, de l'innovation. La démarche de conception est ainsi qualifiée d'« activité créatrice ». Van der Lugt caractérise, de son côté, le processus de conception comme un ensemble itérations de divergence - convergence, sous la forme d'alternance entre génération, interprétation et évaluation d'idées. (Van der Lugt, 2001) tandis que Robinson montre que la conception est avant tout un processus permettant de répondre à un besoin et une activité d'exploration (Robinson, 1986). On voit donc la complexité de bien distinguer ces deux activités.

Pour compléter notre état de l'art des approches sur la conception, nous allons, dans le prochain paragraphe, présenter les principales modélisations de l'activité d'innovation, avec pour objectif, de mieux appréhender ces processus complexes et d'identifier les différents outils et méthodes qui ont été développés pour les instrumenter.

1.6.2. RETOUR SUR L'INNOVATION⁹

L'innovation est une notion particulièrement complexe à aborder de par la multitude des formes qu'elle peut prendre. Elle peut répondre à une volonté de « faire mieux, faire différemment, faire autre chose, faire plus vite, faire moins cher ou faire ensemble » (Giget, 1994). Elle joue de plus sur ce paradoxe de traduire une avancée dans l'inconnu, mais dans le même temps, suivre parfois un processus construit sur des éléments traditionnels (Thouvenin, 2002).

Dans (Boldrini, 2005), les différents mythes liés à l'innovation sont recensés, dont celui de « l'improvisation romantique » qui suppose que l'innovation est spontanée et non planifiée.

⁹ Nous traiterons plus spécifiquement l'approche de la créativité et des outils qui l'instrumentent dans le chapitre 3 de ce mémoire.

Le processus d'innovation se définit donc comme l'ensemble des activités mises en œuvre pour transformer une idée de produit nouveau en une réalisation effective (Xuereb 1991). Cette planification a notamment été traduite par le modèle linéaire ci-dessous (figure 19), modèle, le plus souvent repris dans la littérature.

L'innovation est ainsi poussée par la recherche fondamentale, puis appliquée, et débouche sur le développement d'une invention pour aboutir à une innovation mise sur le marché. Ce processus d'innovation linéaire est pourtant souvent remis en cause (Kline et Rosenberg, 1986).

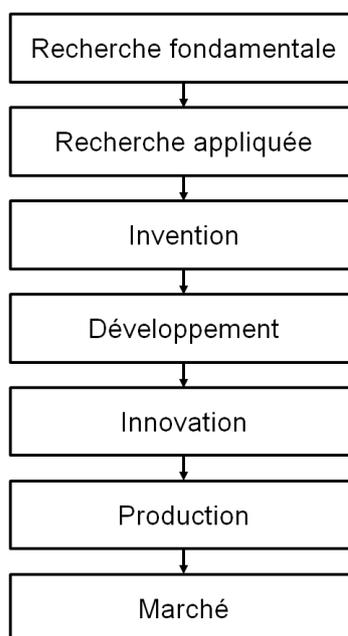


Figure 19 Modèle de l'échelle, modèle hiérarchique et linéaire (Perrin, 2001)

La modélisation du processus d'innovation va aussi largement dépendre du facteur déclenchant le processus. L'innovation peut, en effet, être orientée par la technologie ou, plus généralement par la science (respectivement « *technologie push* » et « *science push* »). Elle peut l'être également par le marché, ou « *market push* ».

Ces différents pôles font écho à la distinction proposée par De Rouvray entre l'innovation technocentrée, fondée sur des facteurs techniques et/ou fonctionnels du produit, et l'innovation anthropocentrée, qui place l'utilisateur et non la technique comme point de départ du processus d'innovation (De Rouvray, 2006).

Nous avons pour l'instant traité l'innovation d'un point de vu processus. L'innovation peut qualifier néanmoins autant un processus que le résultat obtenu.

L'innovation a été étudiée historiquement par Joseph Alois Schumpeter. Il l'a définie comme le passage d'une invention au marché sanctionnée par une première transaction commerciale réussie (Schumpeter, 1934). En cela, il distingue l'invention (production d'une nouvelle ressource pour l'entreprise) et l'innovation (intégration d'une nouvelle ressource dans un bien sur le marché) (Legardeur, 2001).

Schumpeter, puis Perrin, distinguent par ailleurs deux classifications des innovations : le type d'innovation, et l'intensité d'innovation. (Schumpeter, 1934 ; Perrin, 2001).

Ainsi, ils définissent 5 types d'innovation :

1. L'introduction d'un nouveau bien – celui pour lequel le consommateur n'est pas familier – ou une nouvelle qualité de ce bien ;
2. L'introduction d'une nouvelle méthode de production, qui n'a pas été testée dans l'entreprise considérée ;
3. L'ouverture d'un nouveau marché ;
4. La conquête d'une nouvelle source d'approvisionnement de matière première ou matière semi finie ;
5. Une nouvelle organisation dans l'entreprise.

Outre ces types d'innovation, ils définissent aussi l'intensité d'innovation. Ils distinguent notamment deux extrêmes : l'innovation incrémentale, qui se réfère à des modifications graduelles et continues tout en préservant le système actuel ; et l'innovation de rupture, ou radicale qui se caractérise par un changement profond de technologie ou un changement profond du comportement de l'utilisateur. Cette dernière est selon (Carillo-Hermillosa et al., 2010), « destructrice de compétences », dans le sens où elle demande la mise en place d'un système entièrement nouveau (Carillo-Hermillosa et al., 2010). La figure ci-dessous illustre la répartition des innovations radicales et incrémentales.

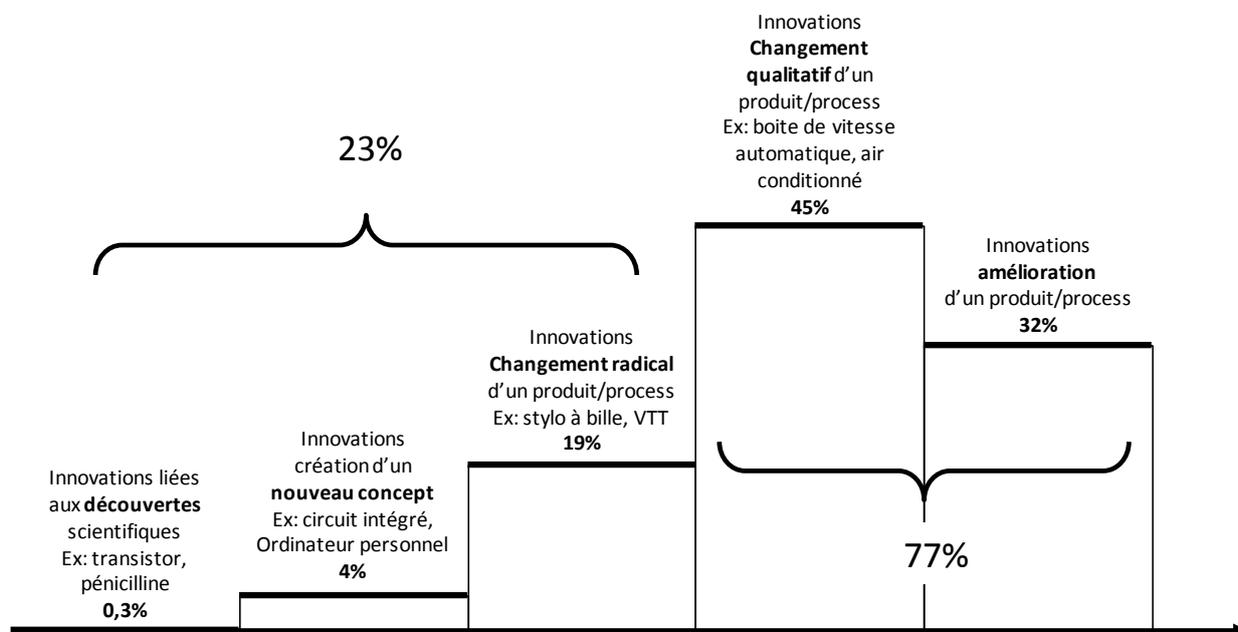


Figure 20 Innovations majeures et innovations mineures (Perrin, 2001)

Comme nous l'avons vu précédemment, notre objectif est de tendre vers des changements radicaux, ce qui implique des innovations de rupture. Il est donc important de bien définir les caractéristiques du processus d'innovation permettant d'atteindre cet objectif. Verzyer a notamment travaillé sur les innovations radicales, et en a déduit plusieurs caractéristiques essentielles sur le processus d'innovation (Verzyer 1998). Cinq de celles-ci paraissent majeures :

- Une innovation radicale entraîne une grande part de risque et évolue dans un contexte de grande incertitude ;
- Une innovation radicale doit être moins focalisée sur le consommateur mais demande une vision plus systémique ;
- Les phases amont de projet sont essentielles pour obtenir une innovation radicale ;
- Le processus de conception doit être moins formalisé, moins rationnel et doit permettre une itération entre les différentes phases de conception ;
- Le point de départ du processus de conception, à savoir les informations manipulées en phase amont de projet sont des éléments majeurs pour l'innovation radicale.

1.7. MODELISATION DE LA CONCEPTION INNOVANTE – LA THEORIE C-K

La théorie C-K est une théorie qui a vu le jour à travers les travaux de Armand Hatchuel et Benoit Weil et décrite dans diverses publications scientifiques (Hatchuel et Weil, 2002; Hatchuel et Weil, 2003 ; Hatchuel et Weil, 2009). Nous avons souhaité nous focaliser particulièrement sur cette théorie pour les travaux entrepris dans (Reich et al., 2010), concernant l'analyse théorique de l'outil ASIT (Horowitz, 1999; Horowitz, 2001a ; Horowitz, 2001b), outil sur lequel s'appuie nos recherches. à travers la théorie C-K.

Cette méthode se présente donc telle une théorie unifiée de la conception permettant de fournir un cadre théorique intégrant l'ensemble des activités de conception, qu'elles soient architecturales, artistiques, ou encore d'ingénierie. Le fondement de cette théorie vient de la distinction formelle entre l'espace des concepts (espace C) et l'espace des connaissances, *knowledge* (espace K).

Ainsi la théorie distingue la notion de « connaissance » qui est une proposition ayant un statut logique pour le concepteur ou pour le destinataire de la conception et la notion de « concept » qui est une proposition sans statut logique.

A partir de ces principes, le processus de raisonnement en conception selon la théorie C-K est clarifié et correspond à une co-évolution (ou co-expansion) des deux ensembles, celui des connaissances et celui spécifique aux concepts. Les diverses interactions entre ces deux ensembles, à savoir la transformation de concept en connaissance ou inversement, marquent donc les étapes du processus de conception.

➤ Principe du raisonnement selon la théorie C-K

Cette théorie présente donc l'avantage de pouvoir s'appliquer à tout domaine de la conception innovante. La première étape consiste en la formalisation d'une proposition initiale sous forme d'un concept C_0 (dans le cas d'un processus de résolution de problème, celui-ci devra donc être traduit sous forme de concept). Ce concept est donc issu d'une disjonction $K \rightarrow C$ (1 sur la figure 21). Cette disjonction doit répondre à deux principes : (1) que tous les termes de cette proposition appartiennent à des propositions de K, et (2) que cette proposition n'ait pas de statut logique, sinon elle serait une connaissance de K. Parce qu'elle appartient au domaine des concepts, cette proposition n'a pas de statut logique. Elle est neutre, ni fausse ni vraie.

Le raisonnement de conception peut donc se poursuivre. Pour cela, la théorie C-K propose d'ajouter à ce concept initial des attributs, des propriétés qui sont issues du domaine des connaissances. Ces propriétés, qui agrémentent le concept C_0 , permettent ainsi l'expansion du domaine des concepts en proposant de nouveaux concepts.

A partir de ceux-ci, deux possibilités sont envisageables:

- Soit les concepteurs peuvent considérer qu'ils savent comment concevoir l'un de ces concepts, dans ce cas, ce concept acquiert un statut logique, il est vrai et il devient une connaissance. Le raisonnement de conception peut s'arrêter. On obtient une conjonction $C \rightarrow K$ (4 sur la figure 21).
- Soit ces concepts sont « neutres », auquel cas il est nécessaire de prolonger le raisonnement en effectuant une nouvelle partition à l'aide des connaissances.

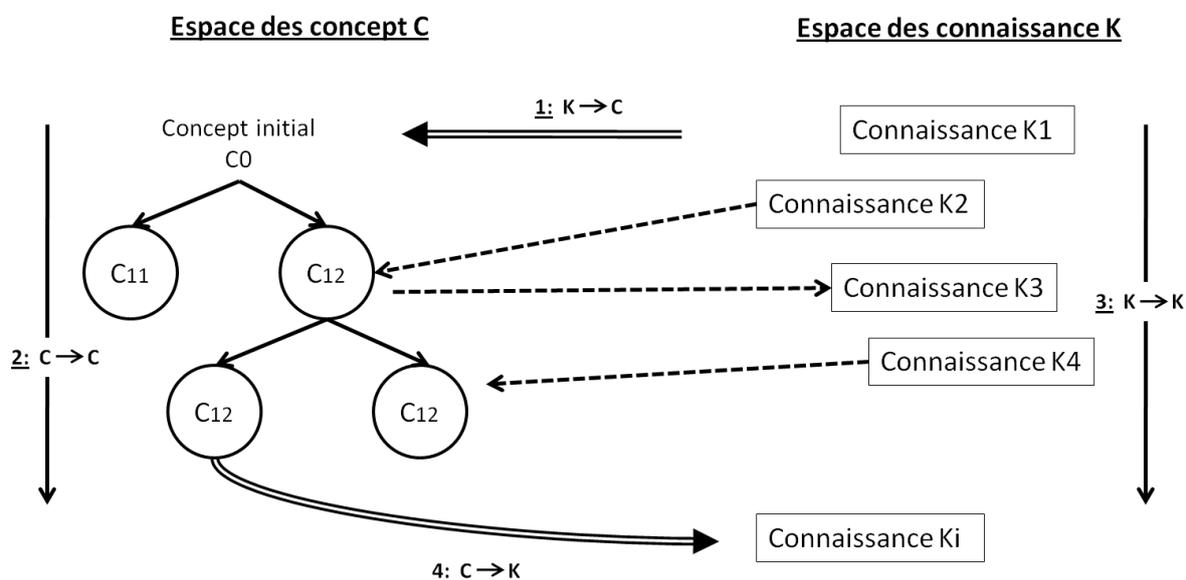


Figure 21 Principe de la théorie C-K d'après Hatchuel et al.

La théorie C-K implique donc plusieurs opérateurs qui permettent soit une interaction entre les deux domaines (opérateurs externes), soit une expansion des domaines (opérateurs internes). Ces opérateurs forment le « design square » (Hatchuel, 2004) (figure 22).

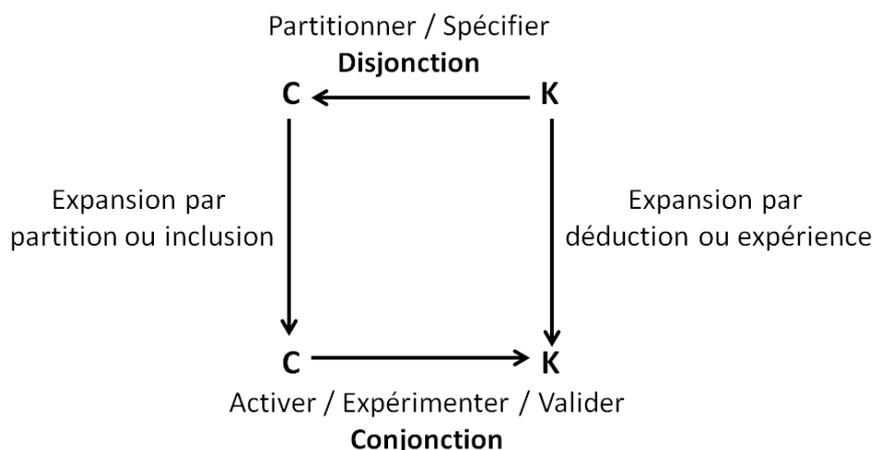


Figure 22 Opérateurs de la théorie C-K

- Les opérateurs externes :

Il y a deux opérateurs externes : la disjonction $K \rightarrow C$ qui permet de passer d'une connaissance à la formulation d'un concept par l'ajout de nouvelles propriétés ou attributs, et la conjonction $C \rightarrow K$ qui transforme un concept en connaissance et correspond ainsi à une validation du concept et de manière pratique à une « conception terminée ».

- Les opérateurs internes :

Il y a deux opérateurs internes : l'opérateur $C \rightarrow C$ définit le processus de partition de l'ensemble des concepts et l'opérateur $K \rightarrow K$ qui définit l'expansion des connaissances.

Cette théorie permet de théoriser le raisonnement créatif. Elle met en relief la dépendance entre la génération de nouveaux concepts et les connaissances du groupe. Hatchuel parle de K-relativité. Par cette interdépendance, il permet ainsi de formaliser la gestion des connaissances dans un processus de conception et la nécessaire mobilisation de ces connaissances pour approfondir ce processus. Elle permet de plus, la représentation *a posteriori* du processus historique de conception.

Enfin, un des éléments qui nous paraît essentiel étant donné nos travaux de recherche est que cette théorie permet de bien caractériser l'évolution des concepts en fonction des informations et des attributs que l'on injecte. Le processus de conception, dont l'objectif est d'avancer vers une conception de plus en plus détaillée, se formalise donc parfaitement à l'aide des attributs de plus en plus précis associés au concept.

Pour conclure, dans sa thèse, Pialot énumère un ensemble de limites à cette théorie (Pialot, 2009). Parmi ces limites, il souligne la difficulté de définition du concept initial. En effet, le point de départ de tout raisonnement créatif dans la théorie C-K est un concept C_0 . Néanmoins, aucune aide n'est proposée pour cette formalisation. Ainsi, on peut se demander comment définir un concept qui va favoriser une partition suffisamment intéressante pour générer une solution pertinente. De plus, il souligne la difficulté d'appropriation par le groupe. En effet, pour un bon déroulement, les différentes évolutions de l'ensemble K sont importantes mais les questions nécessaires pour cette expansion des connaissances en rapport avec le problème ne sont pas définies.

Enfin, la théorie C-K est une théorie et en cela, implique un certain niveau d'abstraction. L'extrapolation de cette théorie au niveau industriel peut donc paraître compliquée dans un premier temps. Elle se perçoit comme une méthode de conception « *a posteriori* » nécessitant un travail en aval des concepts générés, une reclassification des concepts en vue d'une présentation des résultats au groupe. Il existe malgré tout des applications de cette théorie, notamment la méthode DKCP, ainsi que la mise en place d'une chaire innovation permettant de souligner l'apport de cette théorie pour les groupes industriels.

1.8. SYNTHESE : VERS L'ECO-INNOVATION

Dans ce premier chapitre, nous avons cherché à caractériser l'urgence environnementale née de nos modes de production et de consommation, inadaptés à un développement soutenable de nos sociétés. Pour y faire face, le monde académique, institutionnel et industriel, s'est approprié le concept de « développement durable » pour limiter l'impact des activités anthropiques. En particulier, les industries ont cherché à intégrer le critère environnemental au sein de leur processus de conception, à travers l'application de l'éco-conception.

Telle qu'elle est pratiquée, l'éco-conception ne répond que partiellement aux défis majeurs engendrés par nos impacts environnementaux et sociaux. Limitée par une approche techno-centrée et par des modifications superficielles des systèmes, elle ne permet pas d'envisager une réduction majeure de notre impact (et répondre ainsi à une politique de réduction d'un facteur 4 ou 10, comme proposée par les gouvernements). Nous avons donc soumis l'hypothèse d'appréhender les considérations environnementales au sein d'un processus d'innovation.

Dans un dernier paragraphe, nous avons cherché à explorer le processus d'innovation et les résultats obtenus. Cet état de l'art nous a permis de remarquer que l'innovation est souvent remise en question dans la littérature. Mougnot dans ses travaux sur la phase exploratoire en créativité montre l'importance de tenir compte des aspects environnementaux, tandis que Boldrini se demande si on ne peut accorder que des vertus positives à l'innovation (Boldrini, 2005, Mougnot, 2008). Cette remise en question de l'innovation justifie le principe même d'éco-innovation.

On peut donc s'interroger, dans un premier temps, sur les bienfaits de l'innovation, toujours très orientée sur la performance technique, si bien que le public a tendance à croire que tous les problèmes pourront être résolus par la science et la technologie, et qu'aucun changement dans le comportement des individus n'est nécessaire (Huesemann, 2000). Les moteurs hybrides, le biodiesel, les performances énergétiques des différents appareils électroménagers, ne peuvent être efficaces que si ces innovations sont accompagnées de modifications comportementales.

Dans un deuxième temps l'innovation est souvent mal perçue, du fait qu'elle entretient un désir permanent de nouveauté. Schumpeter expliquait en effet que l'impulsion fondamentale qui fait avancer la machine capitaliste est le processus de « destruction créatrice » (Schumpeter, 1934). Les industriels doivent continuellement lancer sur le marché de nouveaux produits, souvent légèrement différents de leurs versions précédentes, dans le but de renouveler le désir (Lilley, 2007). L'innovation est donc perçue comme étant source de consommation excessive et encore aujourd'hui, de nombreux auteurs insistent sur l'importance stratégique à maintenir en permanence un flux de produits innovants (Boldrini, 2005).

Pour faire face d'un côté aux enjeux environnementaux, et d'un autre côté, aux dérives de l'innovation, nous proposons donc d'hybrider ces deux notions dans un concept d'éco-innovation. L'éco-innovation permet en effet de repositionner l'innovation vers des principes plus soutenables. C'est l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE 2. De l'état de l'art sur l'éco innovation à notre problématique de recherche

Introduction

L'éco-innovation n'est pas un concept récent mais il a pris de l'ampleur ces dernières années. Depuis les années 1990 et les travaux précurseurs de Fussler, à travers le livre « Driving éco-innovation » (Fussler et James, 1996), et jusqu'aux travaux récents de l'OCDE (OCDE, 2009), le concept d'éco-innovation a largement évolué, couvrant ainsi, selon les définitions, de l'espace des innovations purement technologiques, jusqu'à celles de nature sociale des innovations sociétales.

L'objectif de ce chapitre est, dès lors, d'étudier plus précisément le concept d'éco-innovation et, plus généralement de présenter notre vision dans le cadre du développement durable.

Pour ce faire, nous proposons dans un premier temps un état de l'art des recherches actuelles sur la notion même du principe d'éco-innovation.

Nous montrerons ainsi que si l'innovation se caractérise par une sanction positive par le marché, l'éco-innovation demande aussi une externalité positive d'ordre environnemental de même qu'une sanction positive par l'ensemble des parties prenantes.

Après avoir étudié l'éco-innovation en tant que processus, nous l'étudierons en tant que résultat. En effet, si l'éco-innovation est notre objectif, il paraît essentiel de pouvoir projeter notre réflexion sur ce que nous entendons par produit ou service éco-innovant.

Pour cela, nous proposerons notre point de vue à travers un panel d'exemples que nous considérerons « éco-innovant ».

Dans un second temps, nous proposerons le résultat de notre état de l'art sur les outils et méthodes qui instrumentent l'éco-innovation. Et, dans ce but, nous présenterons des études globales à travers différents cas d'études effectuées en entreprises, puis, plus spécifiquement, nous présenterons les différents outils d'éco-innovation développés.

Pour conclure, nous présenterons les deux problématiques de recherche résultant de notre analyse.

2.1. LES PRINCIPES DE L'ECO-INNOVATION

L'éco-innovation propose une ouverture sur de nouvelles opportunités en étudiant le système et les éléments qui la composent. Son objectif est la mise en place de méthodologies qui font intervenir de nouvelles valeurs créatives de solutions innovantes, pour créer de nouvelles solutions (Dewberry et de Barros Monteiro, 2009). Pour (Falk et Ryan, 2006), l'éco-innovation reprend un ensemble de stratégies d'approche et de perception du système recherché : se focaliser sur la prévention comme point central de l'éco-innovation, préserver et restaurer le « capital naturel », à travers l'étude du contexte et des facteurs humains, penser en termes de cycle de vie, dématérialiser l'économie...

En cela, l'éco-innovation propose une réponse adéquate quant au questionnement sur l'innovation, en redirigeant la réflexion sur nos modes de vie et sur nos besoins réels. Il s'agit donc d'une réponse à la pratique actuelle de l'éco-conception qui ne permet qu'une approche de réduction des impacts environnementaux et une optimisation des pratiques économiques actuelles, alors que le développement durable requiert des changements plus radicaux dans les produits et services. Ehrenfeld affirme en effet que "*reducing unsustainability is not the same as creating sustainability*" (Ehrenfeld, 2008). L'éco-innovation propose alors une nouvelle vision de l'approche environnementale.

Par ailleurs, l'éco-innovation, d'un point de vue économique ouvre de nombreuses opportunités, dont celle d'améliorer la compétitivité des entreprises en permettant d'ouvrir de nouveaux marchés concernant des biens désirables (Baroulaki, 2007), tout en leur offrant des opportunités sur une nouvelle appréhension de leurs compétences dans un contexte de développement durable (Dewberry et de Barros Monteiro, 2009).

Néanmoins, contrairement à l'éco-conception, l'éco-innovation ne bénéficie pas d'un cadre normé et structuré, et encore moins de définitions « références ». Le concept reste encore mal défini, cela étant dû à sa nouveauté, ainsi qu'à une certaine inconsistance théorique (Andersen, 2008), ce qui a pour conséquence l'utilisation de termes et dénominations variés, tels que éco-innovation, *green innovation*, *environmental innovation*, ou encore *innovative eco-design* et *sustainable innovation*. Tout cela se superpose à de nombreux autres concepts et définitions, variant selon les frontières du système qu'ils englobent. Ces superpositions et ces variations de définitions entraînent la création de nouveaux termes pour pallier la dénaturation des termes précédents.

Il est donc important d'avoir une double compréhension du terme « éco-innovation » :

- La première, par une lecture horizontale, permet de voir la variété des définitions ;
- La seconde, par une lecture verticale, permet de replacer l'éco-innovation dans son contexte.

2.1.1. DE L'ECO-INNOVATION AU « SUSTAINABLE DESIGN »

Il existe de nombreuses définitions, en provenance des mondes académiques, institutionnels ou industriels. Les deux travaux de Carrillo-Hermillso et Matthieu, permettent d'avoir une vision exhaustive de l'ensemble de ces définitions (Carrillo-Hermosilla et al, 2010 ; Matthieu, 2008).

En les analysant, on constate ainsi, et cela reste un avis partagé par la majorité, que l'éco-innovation est avant tout une « innovation », notion dont elle reprend, les mêmes caractéristiques:

- la nouveauté

« *Eco-innovation is the process of developing new products, processes or services which provide customer and business value but significantly decrease environmental impact* » (Fussler et James, 1996);

- la sanction positive par le marché

« *(Eco-innovation is) Innovation which is able to attract green rents on the market* » (Andersen, 2008)

- l'approche processus

« *Eco-innovations are innovation processes toward sustainable development* » (Rennings, 2000).

- le champ d'application (produit, processus, organisation...)

« *environmental innovations can be defined as innovations that consist of new or modified processes, practices, systems and products which benefit the environment and so contribute to environmental sustainability* » (Oltra and Saint Jean, 2009).

Il est intéressant de rajouter la définition de Klemmer qui introduit une notion plus globale en donnant leur place aux parties prenantes du processus, tout en y intégrant également les nouveaux comportements : “ *Eco-innovations are all measures of relevant actors (firms, politicians, unions, associations, churches, private households) which; develop new ideas, behavior, products and processes, apply or introduce them and which contribute to a reduction of environmental burdens or to ecologically specified sustainability targets.* ” (Klemmer et al., 2009)

Certains auteurs proposent une taxonomie (proposée notamment par (Andersen, 2008) ou encore (OCDE, 2007), en classant les éco-innovations en 4 catégories :

- Add-on eco-innovations:

Cette catégorie considère toutes les technologies permettant de réduire l'impact environnemental, sans que le produit/service lui-même soit éco-conçu.

- Integrated eco-innovations:

Cette catégorie considère toutes les innovations sur les produits ou services qui permettent de réduire l'impact environnemental, en prenant en compte le cycle de vie de ce produit ou service.

- Alternative product eco-innovations:

Cette catégorie regroupe l'ensemble des éco-innovations dont la fonction désirée est obtenue de façon plus éco-efficace.

- Macro-organizational eco-innovations et General purpose eco-innovations:

Cette catégorie reprend l'ensemble des innovations où le système, lui-même, dans son ensemble, est repris et reconsidéré aux fins de réduction de son impact environnemental.

Il n'en reste pas moins que l'éco-innovation se distingue de l'innovation par sa finalité, qui est de répondre à une urgence environnementale et sociétale.

Ainsi nous remarquons que l'ensemble des définitions prend comme critère fondamental de l'éco-innovation la réduction de l'impact environnemental (Jones, 2001 ; Carillo-Hermillosa et al., 2010 ; Charter), que cette réduction donne lieu, ou non, à un objectif déclaré à la base (Carillo-Hermillo et al., 2010, Kemp et al., 2007). Néanmoins, il est plus pertinent que cet objectif soit déclaré afin de limiter le facteur aléatoire du bénéfice environnemental (O'Hare, 2010).

Par ailleurs, certains courants de pensée tendent à montrer que l'éco-innovation ne peut être que radicale, tel Baroulaki: “ *Eco-Innovation is the implementation of radical ideas for environmentally friendly products and processes that will meet future needs* ” (Baroulaki, 2007). Cette dernière définition enlève donc du spectre de l'éco-innovation toutes innovations incrémentales. Elle sous-entend que l'éco-innovation demande un fort potentiel de réduction d'impact environnemental.

Le tableau 8 ci-dessous reprend les principales différences entre l'innovation et l'éco-innovation et montre que, contrairement à l'innovation, l'éco-innovation cherche à intégrer l'ensemble des parties prenantes de l'entreprise. De plus, l'éco-innovation génère deux types d'externalités positives: elle engendre des bénéfices économiques mais aussi des bénéfices plus immatériels, liés à la protection de l'environnement, ou encore, une plus-value sociétale.

Thématique	Caractéristiques de l'innovation	Spécificités de l'éco innovation
Parties prenantes	Shareholders	Shareholders et Stakeholders
Externalité positive	Externalité positive d'ordre économique et productivité	Double externalité positive : Le bénéfice est donc non pas simplement d'ordre économique mais également d'ordre sociétal.
Système de référence pour apprécier la nouveauté	Maximal (le marché), intermédiaire (groupe d'entreprises), minimal (la firme)	Conception relativiste des produits et procédés à usage égal
Motivations	Motivations économiques et Réglementaires	Motivations sociétales et environnemental en plus des buts classiques

Tableau 8 Spécificités de l'éco-innovation (adapté de Matthieu, 2008)

Nous voyons donc clairement que si l'innovation est caractérisée par une sanction positive par le marché, l'éco-innovation engendre, quant à elle, des effets d'externalités doubles : au niveau des utilisateurs, et plus généralement de l'usage, mais également au niveau sociétal et environnemental.

Enfin, le tableau souligne aussi l'aspect « motivation ». On peut penser en effet que l'un des facteurs importants de l'éco-innovation est la motivation des acteurs. En effet, autant la réglementation environnementale joue un rôle significatif dans le développement de procédés verts, autant elle joue un rôle plus mitigé dans le cas de l'éco-innovation (Carrillo-Hermosilla et al, 2010). C'est ainsi que, selon Sherwin, l'éco-innovation, à travers une remise en cause du produit, aura plus de chance d'être pertinente si elle est issue d'une vraie volonté de transformation, voire d'enthousiasme (Sherwin, 2000).

Les travaux de Beard et Heartmann permettent de bien comprendre une différence entre l'éco-conception et l'éco-innovation, en montrant que l'éco-innovation permet de passer d'une vision négative de réduction d'impact à une approche plus positive de génération de nouvelles idées (Beard et Heartmann, 1999). L'éco-innovation devient alors une vraie valeur ajoutée, par son souci d'aller au-delà d'une réduction d'impact ; une contribution que Jones reprend en parlant de « *environmental payback* » (Jones, 2003).

La complexité de l'intégration de l'environnement dans les démarches de conception et les limites des approches actuelles ont aussi conduit à l'élaboration de certains concepts, plus ou moins définis ou élaborés. Ainsi, le *sustainable design* se définit comme un raffinement du concept d'éco-conception et d'éco-innovation, en intégrant le pôle social et éthique du développement durable. Ce concept englobe également des considérations esthétiques, ou encore relevant de la durée de vie des objets. Il s'agit donc d'une approche plus large qui vise à la responsabilisation des designers, par le biais d'une conscientisation des impacts de leurs actions (Charter, 2001). Par ailleurs, il amène, à un questionnement sur l'existence du produit lui-même et son évaluation sur du long-terme sur l'ensemble des dimensions du développement durable (Spangenberg et al., 2010).

De Coninck résume dans le tableau 9 ci-après les différents concepts et les stratégies organisationnelles qui correspondent aux concepts de *green design*, *eco design* et *sustainable design* (De Coninck, 2007).

Approche	Niveau	Type	Stratégie
Green design	Micro-level	Approche process Vision industrielle avec des solutions à court-terme	Approche qui comprend avant tout des solutions « end-of-pipe ». Le travail est focalisé sur la réduction des émissions de polluants du processus de fabrication La motivation est avant tout le respect des réglementations
Eco-design	Meso-level	Approche produit Vision globale avec des solutions à court et moyen-terme	Approche stratégique qui considère tous les niveaux de l'entreprise. Tous les impacts environnementaux sont pris en compte et les actions entreprises sont partie intégrantes de la politique de l'entreprise. La motivation de l'entreprise est de se différencier de ses concurrents et de respecter la réglementation
Sustainable design	Macro-level	Approche Système Vision plus globale avec des solutions à court, moyen, long et très long terme	Approche globale qui considère les aspects environnementaux, sociaux, culturels et éthique. Dans cette approche, l'organisation n'est plus isolée mais considéré comme une partie intégrante de l'environnement global et de la société qui l'entoure La motivation est ici en phase avec les principes de développement durable

Tableau 9 Différentes approches et stratégies correspondantes (De Coninck, 2007)

A l'instar de (Carillo-Hermillosa et al., 2010), ces concepts mettent notamment en évidence, comme caractère discriminant, la motivation des concepteurs. Ainsi, le « *green design* » serait avant tout motivé par la réglementation, l'*eco design* se différencierait par une volonté de se démarquer des

concurrents, et enfin le « *sustainable design* », correspondrait à une volonté de mettre les principes du développement durable en tant que valeur. Notons, pour terminer, que De Coninck puis Cucuzzella différencient ces concepts en fonction de l'approche préventive ou de précaution. Ils considèrent en effet que l'éco-conception tend vers une approche de prévention, vis-à-vis de risque « connu » et mesuré, tandis que le « *sustainable design* » tend vers le principe de précaution, en l'occurrence, une analyse des risques potentiels mais incertains. (De Coninck et al., 2007 ; Cucuzzella, 2008).

L'objectif reste donc de réduire les incertitudes liées à l'exploitation d'un nouveau système ; et, selon Matthieu, cet objectif favoriserait la créativité et la recherche d'alternatives concrètes (Matthieu, 2008).

Jones schématise notamment ces concepts en reprenant les représentations suivantes :

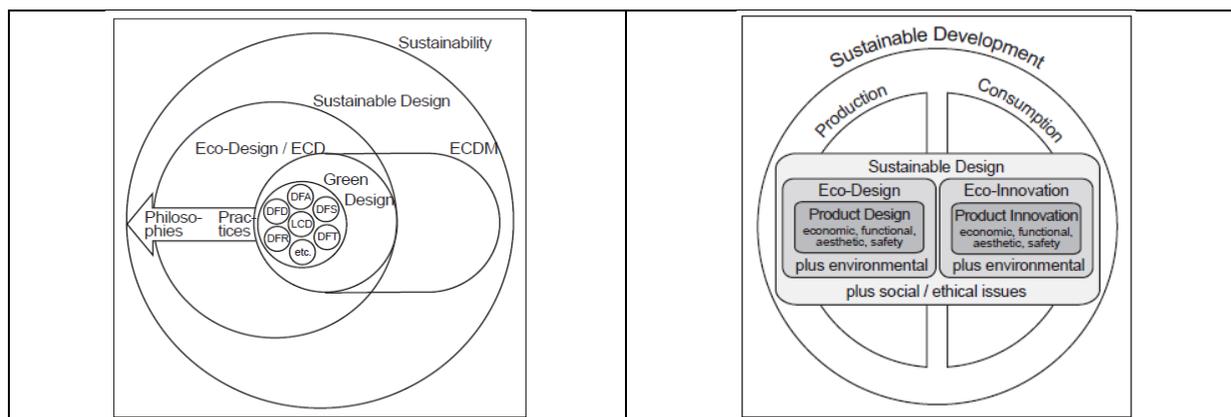


Figure 23 Représentations de l'analyse verticale (Jones, 2001)

On remarque donc que pour tendre vers l'éco-innovation et au « *sustainable design* », il est nécessaire de sortir de la vision technique du produit pour travailler sur des notions plus abstraites, telle qu'une meilleure prise en compte du comportement de l'utilisateur.

2.1.2. SYNTHESE

En synthèse, nous constatons que toutes ces définitions permettent de saisir la complexité et la diversité du concept-même de « développement durable ». Elles montrent également une grande polysémie dans l'analyse de ce concept.

Cette complexité, pouvant engendrer une certaine confusion, peut notamment être constatée dans les tentatives d'effectuer une taxonomie de l'éco-innovation. Ainsi, le rapport établi dans le cadre du projet *Measuring eco-innovation*, propose d'y intégrer des technologies environnementales jusqu'aux modifications économiques (Kemp et al., 2009). Tout ce qui peut se rapporter, de près ou de loin à l'environnement est considéré comme éco-innovation, montrant ainsi la faiblesse dans l'analyse théorique du concept.

Par ailleurs, ce même rapport propose d'intégrer dans l'éco-innovation toutes les innovations éco-efficentes, depuis le modèle économique jusqu'aux centrales à charbon éco-efficentes. Il demande avant tout une étude au cas par cas, avec comme élément discriminant une étude environnementale et une étude des risques associés. Néanmoins, ces comparaisons, dans le cas d'innovation radicale, ne peuvent être faites.

Pourtant, si cette subjectivité dans l'interprétation d'un produit ou service éco-innovant peut être considérée comme une faiblesse théorique, car elle risque d'entraîner des abus d'interprétation, de récupération et de communication de la part des parties-prenantes, cette-même subjectivité est aussi une force car elle est une opportunité à l'expression de solutions possibles, et diverses, permettant de se rapprocher des idéaux-types du développement durable.

Notre état de l'art sur le concept d'éco-innovation souligne qu'il ne faut pas considérer l'ensemble de ces approches comme opposées, ou comme ayant des frontières ou avec des frontières étanches, avec d'un côté l'éco-conception et de l'autre extrême le « *sustainable design* ».

Cette frontière s'avère simpliste et manichéenne, et ne permet pas d'avoir une vision réaliste de l'éco-innovation.

La théorie en éco-conception et de l'éco-innovation, doit avant tout être comprise comme un continuum entre les différentes approches plutôt qu'en des polarités (Sherwin, 2000). L'évolution vient avant tout de la définition même de l'environnement.

En effet, autant l'éco-conception considère avant tout l'environnement d'un point de vue plus « physique », autant le « sustainable design » considère l'environnement d'un point de vue plus général. Ces différentes approches doivent donc être considérées comme autant de possibilités d'exploration en séance de créativité dans un processus d'éco-innovation.

De plus, il est intéressant de noter que Sherwin différencie éco-conception innovante (« eco-design innovation ») et éco-innovation (« innovative eco-design »).

Si l'éco-conception innovante est liée à une réalité industrielle forte par la mise sur le marché d'un produit, l'éco-innovation ne doit pas être analysée selon les mêmes principes que l'innovation. Elle doit être considérée comme un travail exploratoire qui a pour finalité d'exprimer, d'éduquer et de communiquer l'éco-conception et les principes de développement durable aux différentes parties prenantes. (Sherwin, 2000).

De ces définitions, celle de O'Hare peut paraître la plus pertinente car elle définit plutôt un ensemble de critères. Dans notre thèse, nous proposons donc une caractérisation de l'éco-innovation adaptée des travaux de (O'Hare, 2010) :

Nous définissons donc l'éco-innovation comme un processus d'innovation qui :

- est capable de développer des concepts et/ou résoudre des problèmes avec la possibilité d'adresser des niveaux systémiques élevés;
- tient compte du cycle de vie du système considéré;
- recherche une forte ambition de soutenabilité selon différents axes : performance environnementale, sociétale et d'usage
- permet d'être déployé dès les phases amont de développement de nouvelles offres (produit, service,...)

2.2. RETOUR SUR DES EXEMPLES D'ECO-INNOVATIONS

2.2.1. CARACTERISTIQUES D'UNE ECO-INNOVATION EN TANT QUE RESULTAT

Après avoir abordé les différentes définitions de l'éco-innovation en tant que processus et les différents concepts qui lui sont associés, nous avons souhaité dans un second temps, adopter une approche de type « *bottom-up* », en exposant certains exemples d'éco-innovation recensés ici en tant que résultat sur le marché, ou qui sont en cours de développement. Ces exemples contiennent les éléments caractérisant une éco-innovation.

En effet, il est important de se nourrir de l'ensemble des connaissances à même de caractériser, et de différencier, les éco-innovations qu'elles soient radicales, incrémentales, architecturales, et ce, avec l'objectif de pouvoir créer une vision réaliste des moyens pour éco-innover (Hellström, 2007).

Pour ce faire, nous avons élaboré, une grille de lecture des offres (produits, services...) qualifiées d'éco-innovations. Cette grille a été construite à l'aide des différentes caractéristiques et des classements retrouvés dans la littérature scientifique.

La question première à se poser est de déterminer comment qualifier une offre (produit, service...) éco-innovante.

A travers son étude bibliographique, O'Hare, définit un produit éco-innovant en ce qu'il réduit significativement les impacts environnementaux, en comparaison avec un produit alternatif :

« *An eco-innovative product is one that is significantly less environmentally harmful than the use of relevant alternative products.* » (O'Hare, 2010). Il précise, par cette définition, que le « significatif » manque de précision, car il peut donner lieu à différentes interprétations en fonction des entreprises concernées. Il n'en reste pas moins que les caractéristiques qu'il recense reprennent le caractère de

nouveauté et, de radicalité de l'innovation, ou encore de la valeur qu'elles représentent pour le client ou le marché.

Dans ses travaux, Manzini définit ce qu'il appelle « *sustainable system* », que l'on traduira en système durable, ainsi :

« *A sustainable system is an integrated network of people, products, services and infrastructures that, as a whole, is consistent with the fundamental principles and characterised by a low material-energy intensity and by a high degree of context quality* ».

Cette définition reprend 2 caractéristiques essentielles pour qualifier un système de « durable » :

- le système n'engendre qu'une faible consommation de ressources (matériaux et énergie) ;
- le système est défini selon le contexte et améliore la qualité du contexte relatif à ce système.

L'OCDE, de son côté, propose de différencier les éco-innovations selon 3 composantes distinctes (OCDE, 2009) :

- au regard de la cible de l'éco-innovation ;

Par cible, il faut comprendre les produits, les procédés, les méthodes de commercialisation, les organisations et les institutions.

- au regard des mécanismes de l'éco-innovation ;

Ces mécanismes correspondent au niveau systémique d'où relève la solution. Il peut ainsi s'agir de modifier uniquement les pratiques, ou encore de les reconcevoir, de les remplacer ; ou bien encore, d'en créer de nouvelles.

- au regard des impacts de l'éco-innovation ;

Par « impacts », on entend comment l'éco-innovation se répercute sur les conditions environnementales.

Au-delà de ces définitions, on peut évoquer certains travaux préliminaires qui cherchent rétrospectivement les caractéristiques des éco-innovations.

Hellström et Carrillo-Hermosilla ont notamment étudié différentes innovations dans le domaine du développement durable, à partir de concours d'innovation ou d'exemples concrets (Hellström, 2007 ; Carrillo-Hermosilla et al, 2010).

Carrillo Hermosilla a ainsi étudié un ensemble d'éco-innovations issues de son état de l'art en proposant une grille de lecture qui repose sur 4 dimensions (figure 24).

- (1) La première dimension est celle axée sur l'étude du produit.

Pour cela, il cherche à distinguer le niveau sur lequel porte la nouveauté. La nouveauté peut alors porter sur les composants du système, limitant l'innovation à de la technologie « end-of-pipe ». Il s'agit donc, avant tout, de réparer les dommages déjà existant à l'aide de solutions éco-efficientes. La nouveauté peut également porter sur un changement d'un sous-système. L'objectif est alors de réduire l'impact global d'un produit. Enfin, la nouveauté peut porter sur l'ensemble du système, les compagnies doivent alors redéfinir leur production et les comportements.

- (2) La deuxième dimension est la dimension « utilisateur », qui vise à rechercher si l'utilisateur est intégré dans le processus de conception, ou s'il est la cible de la réflexion.

- (3) La troisième dimension est la dimension produit/service.

Cette dimension permet de souligner que le succès d'une innovation dépend des bénéfices rendus par l'offre. Elle se caractérise par les changements provenant du produit, mais aussi à travers la perception des relations avec le consommateur. Elle passe aussi par un changement dans le processus, en prenant en compte le développement de nouveaux services par les différentes parties prenantes.

- (4) La dernière dimension consiste à identifier l'intervention des institutions dans le développement de ces éco-innovations.

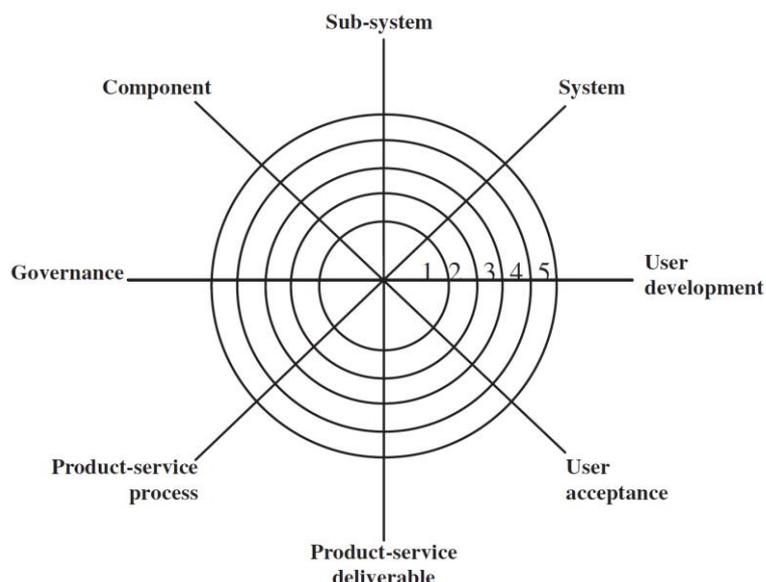


Figure 24 Grille de lecture proposée par (Carillo-Hermillosa et al., 2010)

Dans ses travaux, Hellström propose quant à lui une analyse suivant 3 dimensions (Hellström, 2007) :

(1) La première dimension est la graduation proposée par Schumpeter, à savoir : si l'innovation consiste en l'introduction d'un nouveau bien, l'introduction d'une nouvelle méthode de production qui n'a pas encore été testée dans le domaine d'application concerné, l'ouverture d'un nouveau marché, l'appropriation d'une nouvelle source d'approvisionnement de matière première ou semi-manufacturée, la mise en place d'une nouvelle organisation.

(2) La deuxième dimension réside dans la différenciation entre les niveaux d'innovation, à savoir : s'agit-il d'une innovation incrémentale, c'est-à-dire une amélioration d'un système existant, ou d'une innovation radicale avec une modification profonde d'un système ?

(3) La troisième dimension correspond au type de modification proposée par l'innovation : une modification d'un composant uniquement ou une modification du système.

Le tableau 10 ci-dessous recense alors les principales composantes d'un produit éco-innovant trouvé dans la littérature.

Auteur	Caractéristiques proposées
Hellström, 2007	<ul style="list-style-type: none"> - Type d'innovation selon la classification de Schumpeter - Innovation incrémentale ou radicale - Niveau d'innovation (composant ou architecturale)
OCDE, 2009	<ul style="list-style-type: none"> - Cible de l'innovation (produits, procédés, méthodes de commercialisation, organisations, institutions) - Mécanisme (modification des pratiques, reconception, remplacement, création de nouvelles pratiques) - Types d'impacts environnementaux
Carrillo-Hermosilla et al., 2010	<ul style="list-style-type: none"> - Dimension design (Composant, sous système, système) - Dimension utilisateur - Dimension Système produit-service - Implication de l'institutionnel
Manzini, 2006	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction en consommations de ressources naturelles - Amélioration du contexte d'utilisation
O'hare (issus de différents travaux), 2010	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'impact environnemental - Nouveauté

Tableau 10 Caractéristiques d'une éco-innovation

Dans le but d'établir notre grille de lecture, nous avons émis 6 paramètres qui regroupent les différentes caractéristiques proposées (tableau 11).

	Explication
Type d'innovation (Hellstrom, 2007, OCDE, 2009)	La nouveauté porte sur un produit, un service, un processus de conception, une nouvelle organisation, un nouveau marché ou usage...
Potentiel de réduction d'impact environnemental (O'Hare, 2010 ; OCDE, 2009 ; Manzini, 2006)	Quels sont les bénéfices environnementaux potentiels ?
Intégration de la dimension utilisateur (Carillo-Hermillosa et al., 2010)	L'innovation permet ou engendre une modification du comportement de l'utilisateur
Niveau systémique de l'innovation (Hellstrom, 2007 ; Carillo, 2010 ; OCDE, 2009)	L'innovation porte sur un composant du produit, sur une partie du produit, sur l'ensemble du système sur lequel est inséré le produit ou sur l'environnement global.
Amélioration du contexte de l'innovation (Manzini, 2006)	Quels sont les impacts potentiels sur le contexte dans lequel s'insère l'innovation ?
Intervention des institutions (Carillo-Hermillosa et al., 2010)	L'innovation est-elle envisageable sans intervention des institutions (administration, réglementation, normalisation, aides financières ...) ?

Tableau 11 Grille de lecture des éco-innovations

Nous avons choisi de ne pas prendre en compte l'aspect incrémental ou radical de l'innovation, sur lequel il est difficile de se positionner, ou de quantifier, car il apparaît en quelque sorte comme une conséquence des différentes caractéristiques proposées.

2.2.2. PRESENTATION D'ECO-INNOVATIONS

2.2.2.1. Le projet Relaja des Iles Canaries : un exemple d'éco-innovation prenant en compte les dimensions économiques et sociales du contexte local

Il s'agit d'un projet de conception de mobilier urbain qui tient compte des paramètres écologiques, économiques et sociaux d'un territoire donné (Marin et al., 2008).

Ce projet a pour origine le problème environnemental caractéristique des îles Canaries, à savoir la difficulté de traitement des déchets industriels, et notamment des déchets issus des entreprises du BTP. Le résultat recherché consiste, en particulier, en la mise au point de nouveau mobilier urbain dont un banc public fait à partir de gravas de bétons, comme illustré dans la figure 25 ci-après.

La première étape a consisté en l'élaboration d'une réflexion engagée dans le cadre d'un campus citoyen CVAG (Campus de Verano de las Artes de Guía) organisé par la ville.

Cette réflexion, ainsi que les enquêtes menées à travers l'agenda 21 local, ont permis d'avoir une représentation de la perception des habitants de leur village, et de recenser une série d'aspects environnementaux et sociaux. Les données recueillies ont permis de mettre en exergue deux problématiques apparentes :

- Pour les aspects environnementaux, la collecte et la valorisation des déchets ;
- Pour les aspects sociaux, l'absence d'espace commun (parcs, jardin commun ...), ainsi que l'absence de travail.

Ce projet s'est focalisé sur l'étude de deux problématiques apparentes :

- le traitement des déchets d'une entreprise locale de fabrication de béton ;
- le manque d'espace commun, de « zone verte ».

Une équipe de travail s'est donc mise en place, en relation permanente avec les citoyens des quartiers concernés, qui pouvait suggérer de nouvelles idées ou demandes.



Figure 25 Illustration du résultat du Projet Relaja

Ce projet illustre bien nos propos sur l'éco-innovation, à travers le processus mis en œuvre pour l'obtention du produit final.

Il souligne l'intérêt de lier le problème au contexte spécifique du produit, et se fonde sur le principe de « communauté créative », c'est à dire un groupe de citoyens qui s'auto-organise pour résoudre un problème ou pour entrouvrir d'autres perspectives, en les abordant de manière positive, et dans un processus d'apprentissage social s'inscrivant vers le développement durable (Manzini, 2006).

Ce projet présente également une forte dimension environnementale et sociale. Tout en réduisant l'impact environnemental du produit tout au long de son cycle de vie (à travers l'emploi de matériaux faiblement impactant, une fabrication uniquement manuelle, un produit modulable, totalement démontable et recyclable par une entreprise locale), il permet d'améliorer une réelle perception sociale de la valorisation des déchets.

Enfin, il considère la dimension sociétale du produit en favorisant l'éducation à la citoyenneté et en visant la mise en place de formations pour les adultes dans les métiers liés au produit (ébéniste, soudeur ...).

Pour finir, d'un point de vue économique, il permet une réduction des coûts de l'entreprise génératrice des déchets par une nouvelle source de revenu et les déchets comme matière premières.

2.2.2.2. Dyson Airblade : un exemple de produit éco-innovant

Un deuxième exemple concerne le sèche-main développé par l'entreprise Dyson¹⁰. Ce produit propose notamment de sécher les mains sans apport de chaleur, et uniquement par un flux rapide d'air permettant de balayer l'eau des mains.

Pour ses qualités environnementales, ce produit a reçu le prix Janus 2011 de l'Industrie en France, ainsi que celui de Carbon Trust¹¹. Pour Carbon Trust, ce produit permet ainsi d'économiser jusqu'à 80 % d'énergie de moins qu'un sèche-mains à air chaud.



Figure 26 Dyson Airblade¹²

Dans sa thèse, O'Hare reprend cet exemple comme produit éco-innovant (O'Hare, 2010), en soulignant deux données intéressantes:

- La première est que ce produit démontre la possibilité de coupler des bénéfices environnementaux avec des bénéfices fonctionnels. En effet, il permet de remplir sa fonction (sécher les mains) en moins de temps qu'un produit classique, tout en réduisant significativement son impact environnemental. et en particulier sur la phase d'utilisation avec une économie d'énergie de 80%. Par ailleurs, Dyson met en place des filières de recyclage pour son produit.

- La deuxième est que ce produit permet de se focaliser et de revenir à la fonction même du produit, « sécher les mains », plutôt que d'améliorer une fonction existante de chauffage tel que le font la plupart des soufflants du marché.

2.2.2.3. Les réseaux alternatifs d'alimentations locales : Un exemple de service éco-innovant

Par « réseaux alternatifs d'alimentation locale », nous regroupons l'ensemble des initiatives qui ont permis de favoriser la mise en relation immédiate entre les producteurs et les consommateurs.

Ces initiatives peuvent aussi être reprises, dans leur ensemble sous le nom de « Short Food Supply chain » (Watts et al., 2006).

En France, ces alternatives aux circuits alimentaires de grande consommation se sont traduites notamment par la mise en place des AMAP¹³ (Associations pour le maintien de l'Agriculture Paysanne) qui sont selon la charte qui a été mise en place, définies ainsi :

¹⁰ <http://www.dysonairblade.co.uk/technology/default.asp>

¹¹ <http://www.carbontrust.co.uk/about-carbon-trust/case-studies/carbon-reduction-label/pages/dyson.aspx>

¹²Source : <http://www.dysonairblade.fr>

¹³ AMAP est l'un des nombreux réseaux. Il est animé par Alliance Provence

« Une AMAP est une Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne ayant pour objectif de préserver l'existence et la continuité des fermes de proximité dans une logique d'agriculture durable, c'est-à-dire une agriculture paysanne, socialement équitable et écologiquement saine, de permettre à des consommateurs d'acheter à un prix juste des produits d'alimentation de qualité de leur choix, en étant informés de leur origine et de la façon dont ils ont été produits, et de participer activement à la sauvegarde et au développement de l'activité agricole locale dans le respect d'un développement durable.¹⁴ ».

Le principe fondateur de ces réseaux est un engagement mutuel entre les consommateurs - qui sont en général issus de la zone de production- et un producteur:

- D'un côté, l'agriculteur établit son budget, qu'il répartit ensuite en fonction du nombre de consommateurs inscrits dans son réseau. En ayant connaissance du nombre de consommateurs, il peut alors ainsi établir un budget en tenant compte de ses frais réels, avec pour conséquence la fixation d'un prix correspondant et ainsi établir un prix adéquat.

- D'un autre côté, les consommateurs s'engagent financièrement auprès du producteur sur une période donnée (semestrielle, annuelle). Ils reçoivent régulièrement, sous forme de paniers, les récoltes dont ils connaissent la provenance ou encore les techniques de production. Ils sont partie intégrante du projet, et sont amenés à participer au bon fonctionnement de la démarche : d'une part, en s'engageant sur du long terme auprès du producteur, ils permettent au producteur une lisibilité plus grande et d'autre part, ils sont amenés à s'impliquer dans la gestion de l'association.

L'idée maîtresse de cette éco-innovation est un nouveau moyen de distribuer autrement les produits d'un producteur. Cela permet une réduction d'impact environnemental en agissant sur une chaîne de distribution plus courte, les fruits et légumes étant produits et consommés sur place. Par ailleurs, le producteur s'engage, la plupart du temps, à passer en production biologique, limitant donc notamment la quantité de pesticides dispersés dans ses récoltes.

Relevons, sur ce sujet des AMAP, que celles-ci jouent un rôle important dans les zones où elles sont implantées. Elles permettent notamment au producteur d'être payé à un prix plus équitable correspondant à des frais réels de production. Elles soutiennent donc financièrement sur le long-terme les producteurs locaux. Elles garantissent le maintien d'un savoir-faire agricole. Enfin, la charte des AMAP prône une adhésion ouverte à tous, et est connue pour accueillir tous types de personnes, incluant les familles à revenus modestes, ou encore les retraités.

2.2.2.4. La valorisation du béton

Ce projet est issu d'un constat qui montre que d'une part, les fournisseurs de béton industriel doivent jeter ou recycler quotidiennement une quantité non négligeable de béton qui n'est pas utilisé et d'autre part, il existe de nombreux particuliers ou responsables de petits chantiers (mairies, associations, agriculteurs, collectivités locales...) ou des petites entreprises qui nécessitent seulement quelques mètres-cube de béton pour des applications minimales (amélioration d'accès, remblais, ...).

Ainsi, la plateforme d'échange Kyyple¹⁵ permet de valoriser ce béton non utilisé directement auprès de ces utilisateurs. Pour cela, ceux-ci sont invités à entrer dans une base de données la quantité désirée, leur disponibilité et le prix qu'ils sont prêts à y consacrer. Kyyple met alors en contact, en temps réel, la personne qui doit jeter son béton avec celle qui en a besoin.

L'intérêt de la démarche réside dans la mise en contact de différentes parties prenantes, lesquelles n'évoluent pas sur les mêmes quantités de béton utilisées. Il se crée ainsi un véritable partenariat, donnant la possibilité aux petits utilisateurs d'avoir accès à un béton à moindre frais, tandis que, pour les groupes industriels, ce partenariat a un effet également positif en valorisant leur excédent de béton.

Ainsi, les bénéfices attendus sont une réduction des déchets et de consommation de matières premières.

¹⁴ Charte des AMAP

¹⁵ Site internet : <http://www.kyyple.com>

2.2.2.5. XEROX – Electrolux : Un exemple d'éco-innovation de service

Les exemples de Xerox et de l'entreprise Electrolux font partie des cas emblématiques d'entreprises dont le modèle économique est passé de la vente d'un produit à sa location. Ces entreprises ne vendent plus un produit aux consommateurs, mais uniquement, le service rendu. Ce modèle offre plusieurs avantages : l'utilisateur a l'assurance d'avoir un produit qui fonctionne en permanence. De son côté, l'entreprise, par le fait qu'elle reste propriétaire du produit, doit concevoir des produits en vue d'optimiser leur fonctionnement et leur durée de vie, pour en assurer leur rentabilité. Donc, pour ne pas perdre la valeur ajoutée des pièces encore en état de marche, elle doit mettre en place des stratégies de *remanufacturing* afin, à titre d'exemple, de réintroduire des pièces usagées ou reconditionnées dans d'autres équipements.

L'entreprise Xerox s'est, pour ce faire, dirigée vers une stratégie ciblée sur la vente de services et perçoit donc des revenus de son activité de *remanufacturing* et de location. En cela, elle ne vend plus une photocopieuse, mais plutôt la fonction de la machine (qui est de faire des photocopies). Cette stratégie englobait 50% de son activité en 1999 (Mont, 2002).

En ce qui concerne Electrolux, l'entreprise ne vend plus de machines à laver, mais plutôt des cycles de lavage aux particuliers. Néanmoins, contrairement aux systèmes de laverie automatique, le client dispose de la machine à son domicile. Si une panne intervient, un technicien se déplace directement chez le client pour diagnostiquer et dépanner le produit. Ce produit est remplacé systématiquement au bout de 5 années d'utilisation.

Ces innovations présentent plusieurs intérêts. Comme l'explique Mac Aloone, il s'agit d'une innovation institutionnelle qui demande un changement dans l'infrastructure et une nouvelle relation entre l'utilisateur et le produit (Mc Aloone, 2004). Elles demandent donc la mise en place d'un nouveau modèle économique, en revisitant le concept-même de consommation. Le client n'est en effet plus propriétaire de son produit, il en est uniquement locataire. Elles demandent aussi de la part du client une évolution de son comportement. L'impact environnemental est donc potentiellement réduit. En effet, en restant propriétaire de ses produits, l'entreprise doit chercher à les optimiser par des stratégies d'augmentation de la durée de vie des produits, ou encore de *remanufacturing*. De plus, cela facilite la mise en place de nouvelles filières de recyclage.

Plus généralement, cet exemple reprend le principe de Système Produit Service (SPS). Il s'agit d'un des points essentiels et largement étudiés dans la littérature environnementale. En effet, une des critiques des pratiques de l'éco-conception actuelle est la trop grande focalisation sur le produit et non sur le service associé (Sakao et Shimomura, 2007).

Cette prise en compte du service s'est notamment concrétisé par la mise en place du concept de Système Produit Service SPS (Rocchi, 2005 ; Tang, 2007 ; Maussang, 2008) (figure 27). Les SPS sont définis ainsi :

"Product/service-systems (PSS) are innovation strategies where instead of focusing on the value of selling physical products, one focuses on the value of the utility of products and services throughout the product's life period"(Tan et al., 2007).

Cette solution apparait donc comme une possibilité de découpler croissance économique et impacts environnementaux. Wiggum parle de cette solution comme des « non-material solutions. » (Wiggum, 2005), tandis que Sakao parle de Service Engineering (Sakao et Shimomura, 2007).

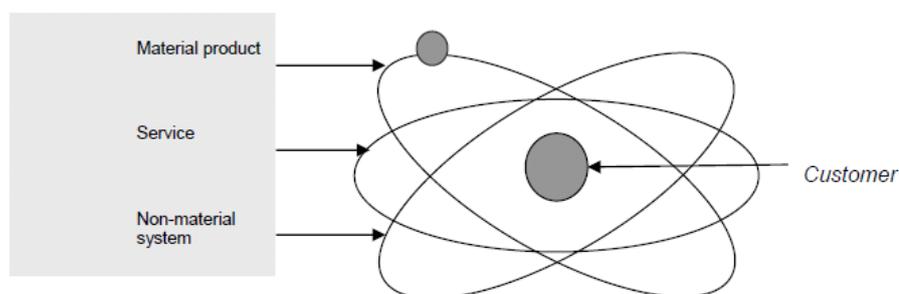


Figure 27 Principe des SPS (Wiggum, 2005)

Les SPS permettent une transition d'une économie orientée sur l'industrie à une économie orientée sur la connaissance et le service. Ils sont donc des éléments moteurs pour la création de nouvelles conditions vers un nouveau modèle économique (Rocchi, 2005). Ils permettent de diversifier l'offre en multipliant les options pour l'utilisateur. Ils sont aussi une réponse pour pallier entre autres le problème de l'obsolescence technique des produits – et assurer une meilleure compétitivité.

Enfin, l'avantage des Systèmes Produit-Service est qu'il est nécessaire de relocaliser l'activité en encourageant les activités collectives par du partage de biens, de la location, du leasing, ou encore des structures institutionnelles alternatives.

2.2.2.6. L'innovation monétaire – le système NU : Un exemple d'éco-innovation avec une valeur ajoutée sociétale

L'innovation monétaire fait partie des innovations à forte répercussion, en particulier sur le mode de consommation.

Elle consiste en particulier en un développement des monnaies locales ou sociales, qui sont définies comme des dispositifs d'échanges locaux de biens, de services et de savoirs, organisés autour d'une monnaie spécifique permettant à la foi d'évaluer et de régler ces échanges (Blanc et Fare, 2010a).

Il existe dans le monde, et en particulier en Europe, de très nombreuses expérimentations qui fonctionnent à des degrés différents. Ainsi, le dispositif SEL¹⁶ consiste en un échange organisé de temps entre les particuliers qui sont affiliés au réseau ; le SOL¹⁷ est une monnaie alternative et sociale ayant pour objectif de favoriser les échanges de proximité (par exemple, la monnaie est émise dans l'agglomération de Toulouse).

Ces monnaies, ou plus généralement ces nouveaux systèmes d'échanges, permettent ainsi de mettre en place des nouveaux partenariats et de favoriser les commerces et les entreprises de proximité. Ils ont pour but la mise en place d'un nouveau système d'échanges, en parallèle de la monnaie réelle, dans le but de promouvoir des aspects sociaux et environnementaux.

Nous nous sommes attachés à présenter le système de la carte NU, qui, sans être directement une monnaie locale, s'inspire de ce principe.

Expérimenté dans la ville de Rotterdam entre mai 2002 et octobre 2003, ce système est considéré comme un système incitatif qui permet de favoriser un comportement et une consommation responsable (van Sambeek et Kampers, 2004).

Le principe est simple : il agit comme une carte de fidélité qui rétribue des points que les utilisateurs peuvent échanger sous forme de produits et services responsables (telle des cartes de transport gratuites).

Il s'agit, dès lors d'une monnaie à « valeur ajoutée sociale et environnementale », qui vient s'ajouter à la monnaie nationale dans le but d'orienter l'usage et qui s'appuie sur trois principes :

- une monnaie de fidélisation (distribution de points à des clients fidélisés comme la carte NU) ;
- une monnaie rétribuant des actions bénévoles ;
- une monnaie affectée (système de bons d'achat) (Blanc et Fare, 2010a).

Ce dispositif a été mis en place grâce à une collaboration entre le secteur public (mairie de Rotterdam et des ministères concernés), et le secteur privé. Les transports publics ont été associés au projet en transformant les points de la carte NU en abonnement aux transports.

De même la banque a été associée pour apporter son expertise et son expérience, et donner l'accès à son réseau de PME.

Ce projet correspond donc au domaine de l'innovation institutionnelle, et doit s'inscrire dans une approche nécessaire d'adaptation au territoire sur lequel il est implanté. Il se caractérise par la diversité des acteurs nécessaires pour son bon développement (diversité des PME, des commerces, des administrations concernées).

¹⁶ Site internet du réseau SEL : <http://selidaire.org/spip/>

¹⁷ Site internet du réseau SOL : http://www.sol-reseau.org/IMG/pdf/SOL_charte_de_fonctionnement.janv07-2.pdf

Enfin, ce système de monnaie locale présente différents avantages :

- il permet de donner un avantage concurrentiel aux entreprises et commerces partenaires en orientant les consommateurs ;
- il favorise le développement d'activités plus responsables d'un point de vue social et environnemental.

Ce type de projet souligne l'intérêt d'instaurer de nouvelles organisations globales pour la mise en place de systèmes plus durables. De plus l'intérêt grandissant des collectivités locales pour ces monnaies locales peut s'analyser comme une preuve de la pertinence de cette solution (Blanc et Fare, 2010b).

Il s'agit ici d'un cas limite des éco-innovations, dans les modifications du système demandées. Il s'agit pour Blanc d'une innovation sociale, en ceci que les monnaies locales répondent à des aspirations et des besoins qui ne sont pas satisfaits par le marché ou par l'Etat (Blanc et Fare., 2010a). Par ailleurs, cette innovation s'inscrit sur du long-terme et répond à la problématique de dynamisation du territoire et d'incitation à une consommation plus responsable, notamment en utilisant les commerces et entreprises affiliées. En cela, elle encourage l'activité responsable de ces différents commerces, tout en étant garant du bon fonctionnement de ce système en échangeant et en faisant circuler régulièrement cette monnaie.

2.2.3. SYNTHESE

Nous allons passer en revue les innovations présentées ci-dessus afin de les caractériser en fonction de notre grille d'analyse (tableau 12).

Eco-innovation	Type d'innovation	Potentiel de réduction d'impact environnemental	Intégration de la dimension utilisateur	Niveau systémique	Amélioration du Contexte social de l'innovation	Intervention des institutions
Mobilier urbain	L'innovation porte sur le processus de conception du produit	Valorisation des déchets	Oui, à travers la mise en place de communautés créatives Le produit final est adapté aux utilisateurs	Niveau systémique Le projet nécessite de sortir du cadre du mobilier même et de considérer l'environnement local	Emploi Intervention des entreprises Education	Oui, à travers l'intervention de la collectivité
Dyson Airblade	L'innovation porte sur le produit	Réduction d'énergie en phase d'utilisation Filière de recyclage	Oui, par une amélioration du service rendu (séchage des mains plus rapide)	Niveau du produit	Non	Non
AMAP	L'innovation porte ici sur une nouvelle organisation pour les agriculteurs mais aussi sur l'introduction d'un nouveau service pour les consommateurs	Réduction de l'impact de la logistique Promotion de l'agriculture biologique	Oui, par une intégration des consommateurs au cœur du système AMAP	Niveau du système car il joue sur une relation consommateur / agriculteurs	Accès à des produits respectueux pour le plus grand nombre Lien social entre les agriculteurs et les consommateurs	Non
Valorisation du béton	L'innovation porte ici sur un nouveau service	Valorisation des déchets	Non	Niveau du produit	Non	Non
Xerox - Electrolux	L'innovation porte ici sur une nouvelle organisation dans l'entreprise mais aussi sur l'introduction d'un nouveau service pour les consommateurs	Réduction de la consommation de ressources Valorisation des déchets	Oui, par une garantie du service rendu	Niveau systémique car il intègre un ensemble de parties prenantes	Création de nouveaux emplois Relocalisation de l'activité	Non
Monnaies locales	L'innovation porte sur une nouvelle organisation au sein de la communauté	Réduction globale par une diminution des impacts liés aux transports, à la consommation de produits moins impactant ...	L'utilisateur est partie intégrante du projet des monnaies locales	Niveau systémique car il agit sur l'ensemble d'un territoire	Favoriser la relocalisation des activités et la promotion d'activités durables	Dépend du projet. Le système NU fait intervenir la mairie concernée.

Tableau 12 Synthèse des éco-innovations

Ces différents exemples permettent de caractériser les éco-innovations qui nous paraissent prometteuses et proches de notre vision de changement du système actuel. Mis en parallèle avec les travaux menés par Carrillo-Hermosilla ou Hellström, ils nous permettent d'émettre quelques conclusions intéressantes :

- La diversité en éco-innovation. Cette diversité joue un rôle majeur dans la transition vers une économie durable, dans le sens que les éco-innovations doivent être développées à différentes échelles en laissant toute leur place au court, moyen et long-terme (Carrillo-Hermosilla, 2010) :
 - o Le court-terme, par l'innovation fonctionnelle (le produit Dyson) ;

- le moyen terme, par la mise en place d'un processus de conception qui permet de favoriser l'intégration de parties prenantes et de s'attacher à un contexte particulier (projet Relaja) ;
- Le long terme telle la mise en place de nouveaux modèles (Les monnaies locales).

- Elle montre aussi l'importance de promouvoir des innovations qui vont permettre un changement du système. La figure 28 montre en effet que des innovations à des niveaux de changement du système permettent d'obtenir des bénéfices sociaux et environnementaux plus importants car elles correspondent à la création de nouvelles alternatives, ce qui est crucial pour remodeler des modèles existants et favoriser des transitions plus durables (Falks et al., 2006 ; Carillo-Hermillosa et al., 2010).

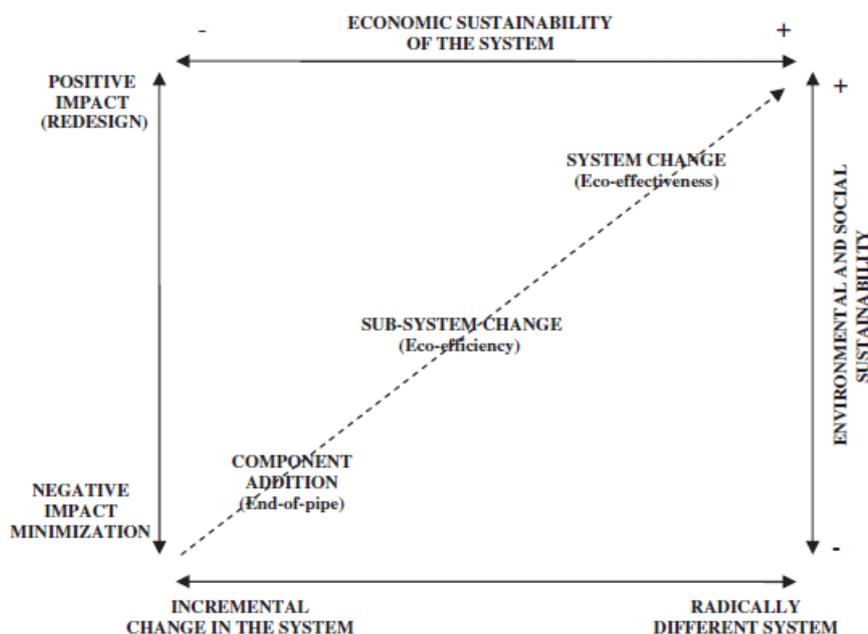


Figure 28 Impact des modifications du système (Carillo-Hermillosa et al., 2010)

Ces premières études montrent bien que l'éco-innovation est une forme particulière de l'innovation par le fait qu'elle ne peut que rarement se caractériser par la seule lecture économique et financière, ou encore, par le degré d'inventivité d'une nouveauté.

L'éco-innovation se caractérise, avant toute autre considération, par la diversité de ses opportunités, et par une dimension qui laisse place à la subjectivité. Elle implique, par ailleurs, l'intégration de nombreuses parties prenantes au projet d'ensemble.

Enfin, l'éco-innovation montre l'importance qu'il y a de prendre en compte, dès l'élaboration d'un projet, le contexte lié à l'innovation. Elle demande ainsi une restructuration et de nouvelles relations entre les différents éléments du système. Une solution durable est en effet un processus qui permet un usage approprié de produits, services et connaissances, qui transforment un système existant pour en générer un plus durable (Vezzoli et Manzini 2008).

2.3. PRESENTATION DES DEMARCHES ET OUTILS POUR L'ECO-INNOVATION

L'éco-innovation est présente au travers une diversité importante de concepts, qui prennent en compte l'approche « développement durable ». Les éco-innovations que nous avons recensées caractérisent cette diversité.

L'objectif est désormais d'aider les concepteurs pour obtenir ces éco-innovations. Cette aide peut se traduire par la mise en place et l'utilisation de méthodologies et d'outils qui peuvent structurer une session d'innovation et les aider à générer ces concepts.

2.3.1. TOUR D'HORIZON SUR LE DEVELOPPEMENT DES DEMARCHES D'ECO-INNOVATION

Outre la mise en place du concept d'éco-innovation, on peut trouver dans la littérature de plus en plus de cas d'application d'une démarche d'éco-innovation. Les études décrites ci-après proposent un panel représentatif des études sur les méthodes et outils d'éco-innovation réalisés sur des terrains industriels.

Pour cela, il est intéressant de reprendre la classification de Robson qui a cherché à identifier trois méthodologies de recherche en conception (Robson, 1993) :

- La première méthodologie concerne l'enquête.

Il s'agit de considérer les besoins des concepteurs comme point de départ, afin de définir des principes, caractéristiques, et retours d'expériences. On peut noter que ces travaux ont essentiellement consisté en des enquêtes sur l'intégration de l'éco-conception, sans pour autant une focalisation précise sur les phases de créativité.

- La deuxième méthodologie concerne l'expérimentation.

Il s'agit d'études paramétrées, avec pour objectif de faire évoluer les paramètres afin d'en déterminer l'influence sur la session d'éco-innovation.

- La troisième méthodologie concerne le cas d'étude.

Il s'agit de recherches focalisées sur un nombre limité d'entreprises avec l'organisation de workshops au sein des entreprises tests afin d'en générer de grands principes et d'obtenir des résultats « *in situ* ».

On retrouve dans la thématique de l'éco-innovation ces trois types de méthodologies. Le tableau ci-dessous permet de voir les principales contributions et références du domaine.

Type de contribution	Principales références
Conception à partir d'enquêtes	Lindahl, 2005, Lofthouse, 2005, Knight et Jenkins, 2009
Conception à partir d'expérimentation	Jones, 2001, Lofthouse, 2005, Collado-Ruiz et Hesamedin, 2010
Conception à partir de cas d'étude	Sherwin, 2000, O'Hare, 2010, Rocchi, 2005

Tableau 13 Principales contributions en démarche d'éco-innovation

A cette classification, nous pouvons proposer un autre type de recherche où un outil est développé mais reste à l'état conceptuel, plus ou moins bien décrit. Parmi ces outils, nous pouvons retrouver par exemple la roue de Brezet, qui bien qu'étudiée et reconnue, ne bénéficie pas en tant que tel d'expérimentations et de retour d'utilisation.

2.3.2. L'ECO-INNOVATION A PARTIR DE CAS D'ETUDES INDUSTRIELS

Plusieurs cas d'études industriels focalisés sur l'éco-innovation sont à relever, dont trois cas significatifs :

- (1) Une première étude, de Sherwin, a consisté à déployer un processus d'éco-conception innovante chez Electrolux, et à le différencier d'un processus d'éco-conception « classique » (Sherwin, 2000) ;
- (2) Une deuxième étude, de Simona Rocchi, plus orientée sur le design à travers l'analyse de workshops au sein de l'entreprise Philips sur les SPS (Systèmes Produit Service) (Rocchi, 2005) ;
- (3) Une troisième étude de O'Hare qui porte sur la mise en place d'outils à travers des expérimentations sur 5 entreprises différentes (O'Hare, 2010).

Ces cas d'études présentent le grand intérêt de s'inscrire directement, dans la sphère industrielle.

2.3.2.1. Analyse d'un workshop en éco-innovation orienté sur la mise en place de Système Produit Service

Simona Rocchi a travaillé sur la thématique du « sustainable design » au sein de l'entreprise Philips (Rocchi, 2005). Ce travail a été précisément axé sur la dimension Système Produit Service.

L'ambition de l'entreprise Philips était d'aller au-delà d'un processus d'éco-conception pour s'orienter davantage vers un processus plus radical orienté vers du service. Ainsi les travaux de Rocchi ont eu pour but de développer une approche méthodologique pour générer des systèmes produit service générateurs de valeur, tant d'un point de vue économique pour l'entreprise que d'un point de vue environnemental et social.

A ces fins, l'entreprise a suivi une approche de « *co-design* », qu'elle a testée et expérimentée à travers une étude de recherche-action. En effet, la thèse s'est déroulée essentiellement autour de deux workshops sur deux thématiques concernant la cellule de design de Phillips, avec une orientation sur les aspects sociaux du développement durable :

- Le premier workshop s'est focalisé sur la problématique de l'accès aux soins pour les personnes à mobilité réduite ;
- Le deuxième workshop s'est axé sur les personnes n'ayant qu'un accès réduit à une nourriture saine.

La figure ci-dessous correspond à une des solutions engendrée dans le cadre de ces workshops (figure 29).

Ces workshops ont été effectués par une équipe multidisciplinaires (universitaires, chercheur de Phillips ONG, entreprises partenaires et susceptibles d'être intégrées au futur concept ...).

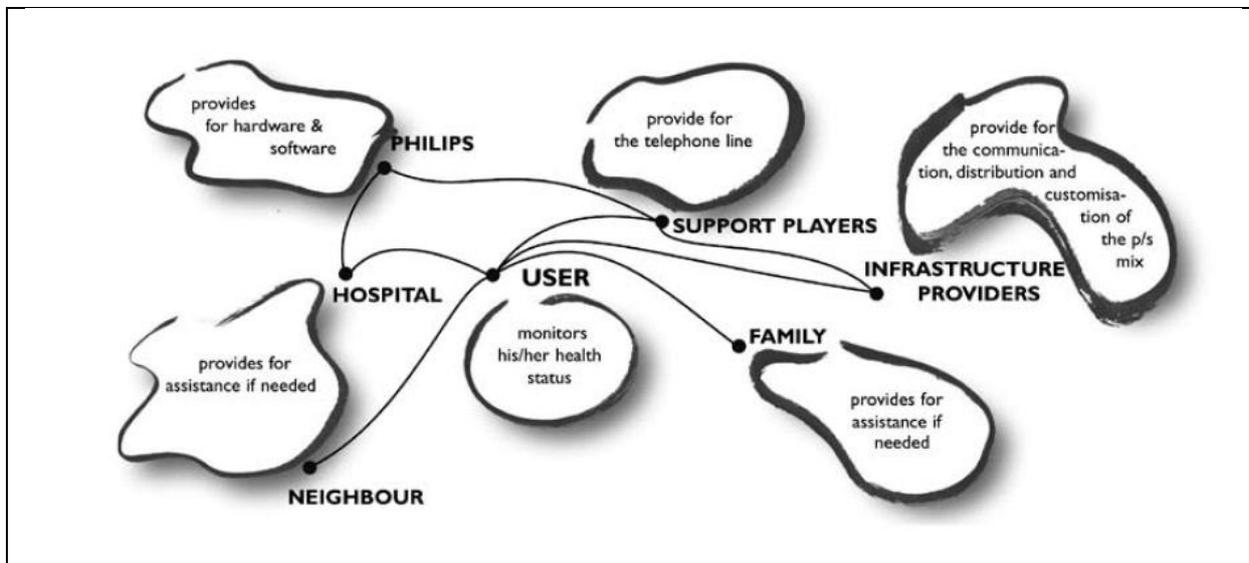


Figure 29 Exemple de solutions (Rocchi, 2005)

L'intérêt de cette recherche pour notre étude sur l'éco-innovation porte donc sur l'observation d'une démarche relevant d'une stratégie SPS, ainsi que sur des problématiques à dominante sociale.

Cette approche qualitative avait pour objectif de proposer un processus de créativité orienté vers des solutions adaptées d'un point de vue économique et d'un point de vue utilisateur, tout en respectant les approches de développement durable. Par ailleurs, ce modèle permettait de générer des nouveaux modèles économiques plutôt que se focaliser directement sur le marché actuel.

Ces workshops ont permis d'identifier des problèmes récurrents lors des sessions de créativité et de tirer les enseignements suivants :

(1) Un des premiers problèmes identifiés a été celui de créer un langage commun autour de la thématique du développement durable. Rocchi note en effet la difficulté à s'accorder sur des objectifs communs dans le temps imparti, diminuant l'efficacité de la session.

(2) Rocchi a aussi attiré l'attention sur la multidisciplinarité du groupe avec la présence de designers, d'ingénieurs, de chercheurs, de commerciaux et d'experts techniques. Ces travaux soulignent l'avantage de cette mixité tout en pointant du doigt le manque d'organisation dans le processus, souvent interrompu par un manque de coordination et soulignant le besoin d'une meilleure allocation du temps pour l'expertise. Il était donc difficile de maintenir un flux constant d'idées

créatives, souvent interrompu par les discussions qui auraient pu être faites lors des étapes ultérieures.

(3) Enfin, Rocchi note qu'aucun mécanisme n'a été pensé pour assurer une triple réflexion sur les trois piliers du développement durable durant la réflexion.

Cette méthode s'articulait autour de 12 étapes indiquées dans le tableau ci-dessous.

Etapes		Objectif
1	Avant le workshop Mise en place d'un dialogue commun	Définir précisément les frontières de la session, partager une vision commune du développement durable et les opportunités pour l'entreprise
2	Avant le workshop Préparation de la session	Définir le déroulement de la session, les objectifs, le rôle de chaque partie prenante, et résumer les principales informations sur le système étudié ainsi que des opportunités pour l'éco-innovation.
3	Workshop Définir une vision commune	S'accorder sur un objectif commun et les différents éléments qui vont permettre de l'atteindre.
4	Workshop Compréhension des besoins des utilisateurs	Définir les caractéristiques et les besoins des utilisateurs, et en retirer ainsi les opportunités de développement du futur système
5	Workshop Explorer et générer les idées	Proposer de nouvelles idées visionnaires, à l'aide notamment de brainstorming
6	Workshop Créer des propositions en prenant en compte l'aspect économique	Retravailler les concepts générés pour mettre en place des offres réalistes d'un point de vue économique, rentables à court et moyen terme.
7	Workshop Evaluation des premiers concepts	Identifier les concepts les plus prometteurs en prenant en compte la valeur du concept pour l'utilisateur, pour l'entreprise, et pour le développement durable.
8	Workshop Revue critiques des concepts	Spécifier le potentiel des différents concepts qui sont générés afin de définir des stratégies d'amélioration. Ces potentiels peuvent se décliner ainsi : <i>design for longevity, for dematerialization, for renewable energy ...</i>
9	Workshop Précision sur les concepts et les scénarios	Visualiser plus clairement les concepts qui ont émergé et qui sont les plus pertinents, mieux spécifier les contextes d'application.
10	Workshop Feedback des utilisateurs	Ajuster et enrichir les concepts en s'appuyant sur les remarques des futurs utilisateurs potentiels.
11	Après le workshop Articulations des concepts	Préciser l'articulation des concepts entre les divers acteurs et éléments qui entrent en jeu, et donc transformer les roughs en des systèmes produit service plus compréhensibles.
12	Après le workshop Retour auprès des partenaires	Communiquer les résultats auprès des principaux partenaires

Tableau 14 Processus d'éco-innovation (Rocchi, 2005)

Ce travail proposait un processus clair, visant à bien structurer le workshop à travers une sélection d'outils qui seraient utilisés. Néanmoins, ce processus pouvait s'avérer complexe, notamment par le temps nécessaire à sa mise en œuvre, ou la diversité des parties prenantes à intégrer. De plus, cette forme de recherche-action ne proposait pas d'aide spécifique dans le déroulement de chacune des étapes et semblait donc difficilement appropriable par une entreprise extérieure. Enfin, bien que les critères de développement durable aient été souvent mis en valeur durant le processus, il existait toujours un risque qu'ils ne soient plus considérés, voire oubliés, car le processus mis en place ne dépendait pas de ces critères.

2.3.2.2. Analyse d'un projet d'éco-innovation

Sherwin a été l'un des premiers à développer un cas d'étude approfondi. Son étude s'est notamment décomposée en deux parties :

- une première partie décrivant un projet pilote d'une cuisine intégrant les aspects environnementaux ;
- une deuxième partie de recherche plus approfondie concernant différents projets avec Electrolux (Sherwin, 2000).

Le projet considéré était un projet de conception de cuisine qui répondait à plusieurs caractéristiques : il s'agissait d'un projet ouvert et innovant, et il présentait l'avantage de considérer un « système » plutôt qu'un produit uniquement. Son étude pilote s'est articulée autour de trois étapes.

Une première étape consistait en l'identification du problème, à travers notamment la recherche d'informations sur les impacts environnementaux d'une cuisine, des analyses environnementales de certains des produits ou encore des informations sur les consommateurs.

Une deuxième étape visait à déterminer et décrire des profils d'utilisateur, tout en schématisant le système étudié, à savoir une cuisine.

Enfin, une troisième étape s'articulait autour de la génération d'idées, notamment à l'aide de carte conceptuelle ou mindmap, comme illustrée ci-dessous (figure 30).

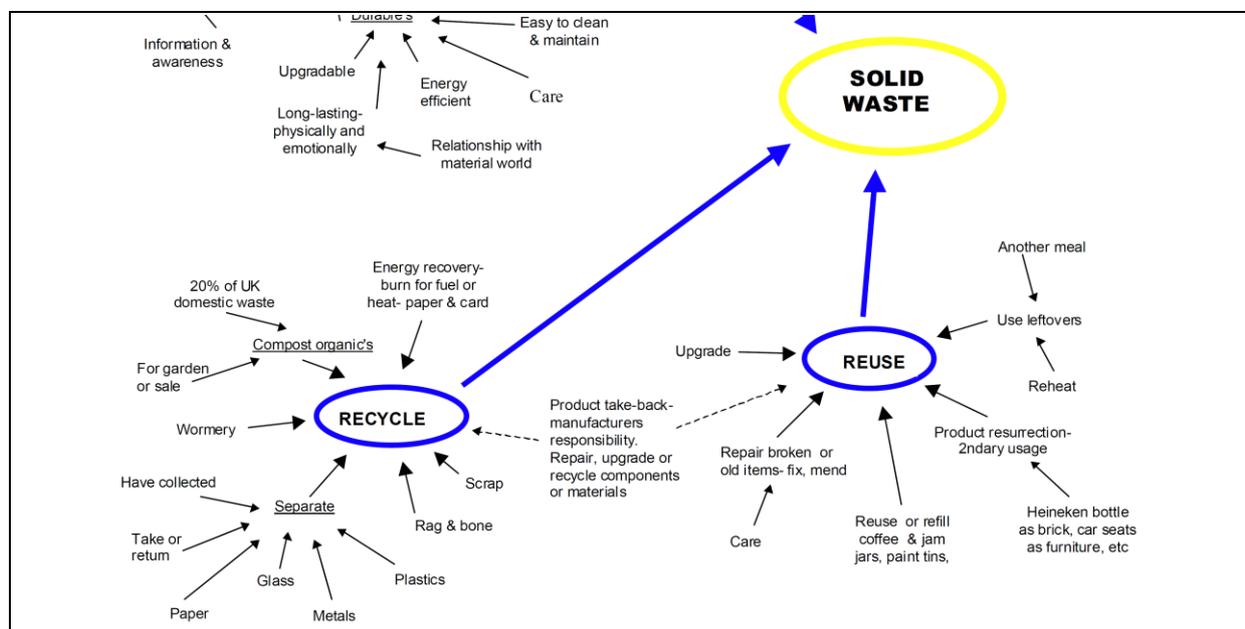


Figure 30 Extrait de mindmap résultante de la phase de génération d'idées (Sherwin, 2000)

L'intérêt majeur de ce cas d'étude résidait dans les spécifications générales et des stratégies à adopter qui peuvent agrémenter des processus de conception et constituaient en cela une marche à suivre pour le développement d'un outil.

A partir de projet pilote, ces recherches ont permis de dégager plusieurs caractéristiques importantes pour la mise en place de processus d'éco-innovation :

(1) Le processus d'innovation qui a été utilisé était avant tout orienté et basé sur une vision consommateur et non une vision « environnementale ». Ainsi, les considérations environnementales ont été utilisées comme points d'entrée dans le processus mais n'ont pas forcément été des fils conducteurs du projet d'éco-conception. Elles ont été souvent reléguées au second plan. Il était donc nécessaire de clairement maintenir cette dimension environnementale tout au long du processus de conception.

(2) Du point de vue des informations requises pour les concepteurs et designers, le projet a permis de souligner l'importance de présenter les principes et les informations relatives à l'éco-innovation de façon simple, avec des exemples pour faciliter le transfert de connaissances, plutôt qu'en des données quantitatives.

(3) Enfin, le projet a mis en valeur la nécessité d'une vision systémique, en considérant le produit dans un système de production et de consommation.

La figure 31 ci-dessous représente une modélisation simplifiée du processus d'éco-innovation.

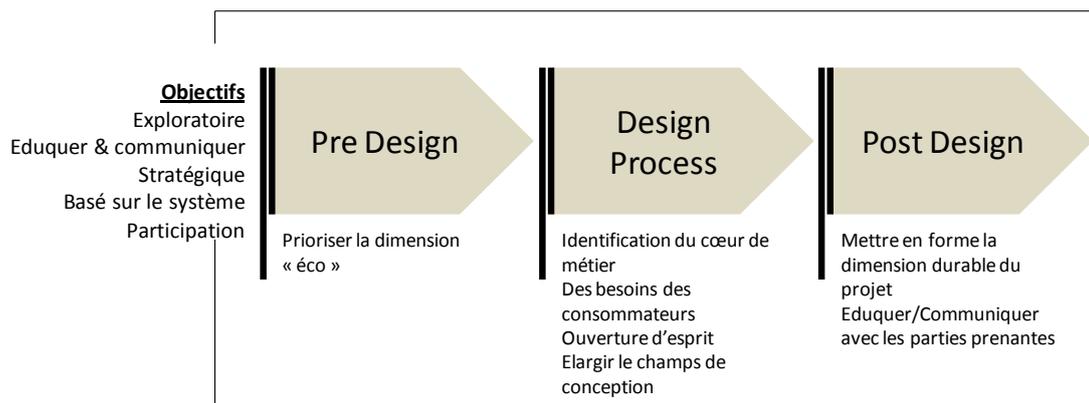


Figure 31 Schématisation du processus d'éco-innovation proposée par (Sherwin, 2000)

2.3.2.3. Analyse de la mise en place d'une boîte à outils d'éco-innovation

Le travail d' O'Hare se situe à l'interface entre le cas d'étude industriel et le développement d'outils (O'Hare, 2010). L'auteur a en effet travaillé sur l'intégration d'outils d'éco-innovation au sein de 5 entreprises du domaine de l'électronique. Le choix de ces entreprises a été élaboré dans le but de couvrir des possibilités entre des entreprises performantes d'un point de vue environnementales et des entreprises performantes dans la pratique de l'innovation.

Ce travail avait donc plusieurs objectifs : mettre en place un processus systématique d'intégration d'outils d'éco-innovation en entreprise, intégrer les critères environnementaux dès les phases amont de projet, et développer une boîte à outils d'éco-innovation. L'intérêt de cette thèse est donc double : d'une part, elle permet d'identifier des requis nécessaires pour une bonne intégration des outils dans le processus de conception, et d'autre part, elle aboutit au développement d'une boîte à outils d'éco-innovation.

L'hypothèse de départ était qu'un outil d'éco-innovation a plus de chance d'être adopté sur du long-terme s'il est issu d'une adaptation d'un outil préexistant. Sa méthodologie de recherche se décompose ainsi en trois étapes, résumées dans la figure 32 :

- (1) Une phase d'évaluation initiale où un ensemble d'outils spécifiques au processus de nouveau produit a été étudié sous l'angle de leur potentiel en éco-innovation ;
- (2) Une deuxième phase consistant à évaluer les outils sélectionnés pour ensuite les adapter en outils d'éco-innovation ;
- (3) Une troisième phase, permettant de tester les adaptations de ces outils pour développer une boîte à outils d'éco-innovation.

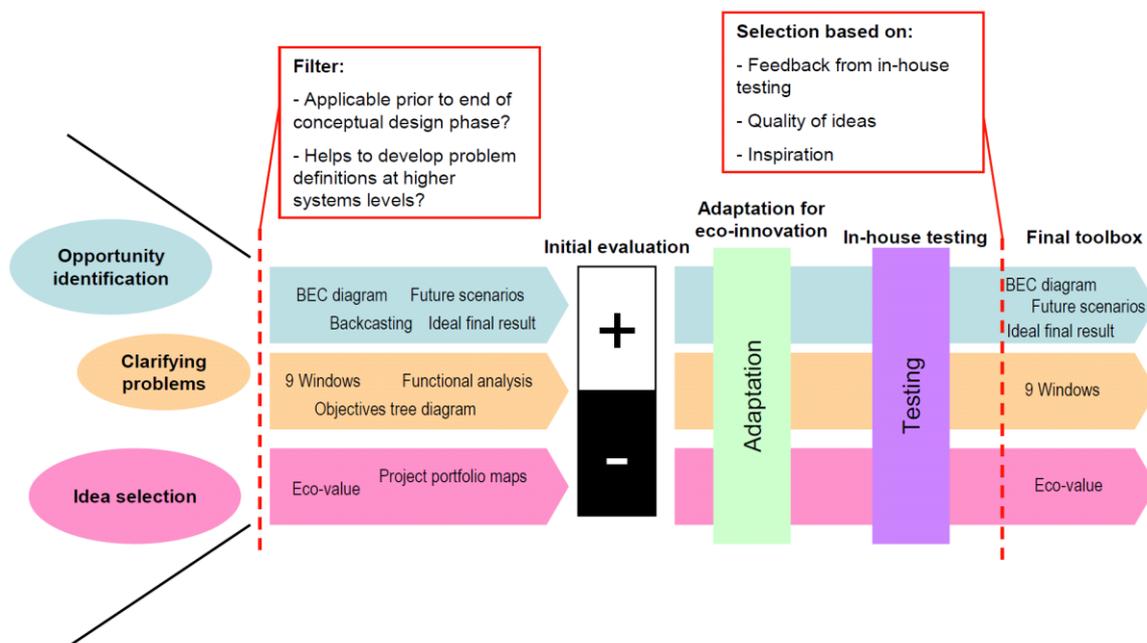


Figure 32 Démarche proposée par (O'Hare, 2010)

Pour le développement de sa boîte à outils, O'hare a distingué 3 étapes dans le processus d'éco-innovation : l'identification des opportunités, la mise en place du problème et la sélection des idées.

Une première recherche a consisté en l'identification des outils « classiques » utilisés en conception pour ensuite les adapter dans un processus d'éco-innovation. Le tableau 15 ci-dessous présente brièvement les outils finalement sélectionnés ¹⁸.

Phases	Outils sélectionnés
Identification d'opportunités	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Diagramme BEC</u> : Outil mis en place par l'auteur qui a pour but de représenter et classer les relations existantes entre les plus-values pour l'entreprise (Business), pour l'environnement (Environnement) et pour le consommateur (Consumer). - <u>Future scenario</u> : Cette méthode a pour objectif d'aider les entreprises à mettre en place des stratégies en considérant le futur. - <u>Résultat Idéal Final</u> : Issu de TRIZ, cet outil a pour objectif d'aider le groupe à formuler les problématiques liées au système étudié en décrivant un système idéal.
mise en place du problème	<ul style="list-style-type: none"> - <u>9 écrans</u> : Cet outil a pour but de décrire le système dans le temps (passé/présent/futur) et dans l'espace (sous-système/système/méta-système)
sélection des idées	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Eco value</u> : Cet outil a pour but de définir le ratio entre le prix de vente d'un produit et son impact environnemental.

Tableau 15 Présentation des outils par O'Hare (O'Hare, 2010)

Cette thèse correspond donc directement à nos travaux, en cherchant à développer des outils d'éco-innovation par la customisation d'outils existants plutôt qu'en la génération d'outils ex nihilo. Cette étude présente néanmoins certaines limites. En effet, l'adaptation de ces outils pour l'éco-innovation est intéressante mais l'efficacité de cette adaptation n'est pas clairement identifiée et démontrée.

De plus, nous n'avons pas de vision sur du long terme, malgré l'objectif initial de la thèse. Or, nous verrons en effet par la suite qu'après une période d'apprentissage, si l'outil ne présente pas des critères spécifiques, son taux d'utilisation peut décroître et l'outil reste à l'état de concept.

¹⁸ Nous verrons plus en détails certains de ces outils dans le paragraphe suivant.

Enfin, les catégories d'outils proposées par O'Hare (identification des opportunités, mise en place du problème et sélection des idées), ne comprennent pas une catégorie spécifique à la génération des idées, pourtant centrale lors d'un processus d'éco-innovation. O'Hare se justifie en émettant l'hypothèse que lorsqu'un problème est bien défini, les entreprises possèdent leur propre méthode de génération d'idées. Donc son objectif premier est plutôt de mettre en place des outils pour clarifier le problème. On peut néanmoins émettre des doutes sur cette hypothèse. La thèse décrite s'inscrit donc dans une logique d'évaluation plutôt que dans une logique de génération d'idées. De plus, cette hypothèse tend à faire disparaître la coévolution entre la mise en place du problème et la recherche de solutions.

2.3.2.4. Synthèse des cas d'études

Ces différents cas d'étude ont permis de recueillir des premiers axes de recherche. Le tableau ci-après recense les principaux apports et limites des 3 cas étudiés (tableau 16).

Un constat essentiel de l'ensemble des travaux analysés est que nous ne connaissons pas l'aboutissement des concepts générés alors qu'il s'agit de cas d'études industriels.

Une éco-innovation est une innovation sanctionnée positivement par les utilisateurs. Or dans les différents cas d'études, nous restons à l'état de concepts. Sherwin affirme clairement qu'une des suites de ces travaux serait de voir l'évolution des projets. Il est nécessaire de passer de « innovation concept » à « innovative result » (Sherwin, 2000).

	Apports de l'étude
Rocchi, 2005 – Phillips	Les travaux permettent d'analyser le déroulement in situ d'une méthode orientée sur les services et avec une forte dimension sociale. Elle a mis en valeur la difficulté d'intégrer efficacement les critères de développement durable tout au long du processus mais aussi la difficulté pour un groupe de s'accorder sur une vision commune de développement durable.
Sherwin, 2000 – Electrolux	Cette recherche a permis, à travers notamment le cas d'étude pilote, de générer des principes généraux sur les processus d'éco-innovation, qui peuvent ainsi servir de stratégie de customisation d'outil de conception existant.
O'Hare, 2010 – Mix d'entreprise	Cette recherche est particulièrement adaptée à nos travaux. Elle propose en effet d'adapter des outils existant en outils d'éco-innovation plutôt qu'en générer de nouveaux. De plus, elle offre une série d'outils d'éco-innovation qui permet d'enrichir notre analyse.

Tableau 16 Apports des cas d'études

Les travaux de Rocchi et Sherwin ont été effectués dans des entreprises qui ont une forte culture de l'innovation, mais aussi de l'intégration des dimensions de développement durable dans le processus de conception. Ce constat ressort également dans les travaux de Joséphine Green (Green 2005) ou de Smith sur l'éco-innovation radicale au sein d'Electrolux (Smith, 2008).

Ils semblent donc peu exploitables, et difficilement applicables, ou transférables, dans des entreprises plus novices dans le domaine.

Ainsi, il est important aujourd'hui de travailler sur des outils pouvant être appropriables dans de bonnes conditions d'utilisation, et, par la même, efficaces. A défaut, la généralisation des résultats obtenus ne pourra se faire car ces résultats restent liés à la société d'accueil, à l'exemple de Philips. De plus, les analyses effectuées ne permettent pas d'analyser l'utilisation des multiples outils utilisés dans la méthode de (Rocchi, 2005).

Enfin, le cas d'étude proposé dans (Sherwin, 2000) est un cas issu d'un projet traité en milieu industriel et non d'un cas proprement industriel. De plus, il s'agit ici d'une vision fortement orientée pour les designers, et non pour l'ensemble des concepteurs.

Dans le cas de l'étude de (O'Hare, 2010), nous remarquons que ces travaux ne se sont pas focalisés sur l'étude de la phase de génération d'idées, mais uniquement sur les phases amont du processus (stratégie et clarification du problème) et aval (sélection des idées).

Enfin, notons que l'efficacité des outils d'éco-innovation customisés n'a pas clairement été démontrée.

2.3.3. ETAT DE L'ART DES OUTILS D'ECO-INNOVATION

Pour compléter les approches existantes, nous proposons dans ce paragraphe un état de l'art des principaux outils d'éco-innovation développés dans la littérature.

L'intérêt de développer de tels outils réside dans la systématisation d'un processus qui oriente l'utilisateur vers un objectif bien défini (Lindahl, 2005).

Une des premières remarques en analysant la littérature est qu'il est relativement complexe de clairement différencier les outils orientés vers l'éco-innovation et ceux orientés vers l'éco-conception. Il s'agit plutôt d'intervalles globaux dans lesquels les outils viennent se greffer.

Nous pouvons cependant classer les outils suivant trois catégories :

(1) Dans une première catégorie, nous avons classé ce que nous appellerons les outils stratégiques, qui orientent à travers des séances de créativité la réflexion vers des axes stratégiques en éco-conception. Parmi ces outils, les deux plus connus et étudiés sont l'outil Eco-compass (Fussler et James, 1997), la roue de Brezet (Brezet, 1997), ou le digramme BEC (O'Hare, 2010). On peut citer également certaines check-lists telles que les Ten Golden Rules (Luttrop et Lagerstedt, 2003) ;

(2) Dans une seconde catégorie, nous avons classé les outils axés sur la structuration des résultats de la session créative. Jones a notamment travaillé sur un outil mêlant la mindmap avec des entrées d'éco-conception (Jones, 2001) ;

(3) Dans une troisième catégorie, nous avons classé des outils issus de processus d'innovation « classique », et techniques, comme ceux résultant des travaux sur TRIZ, ou le QFD.

Dans le but d'identifier les lacunes et les limites des outils actuels, nous avons donc analysé les outils identifiés comme outils d'éco-innovation dans l'état de l'art actuel de la littérature scientifique. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur les quatre composantes de la définition de l'éco-innovation que nous avons adoptée au chapitre précédent :

Nous définissons donc l'éco-innovation comme un processus d'innovation qui :

- (1) est capable de développer des concepts et/ou résoudre des problèmes avec la possibilité d'adresser des niveaux systémiques élevés;*
- (2) tient compte du cycle de vie du système considéré;*
- (3) recherche une forte ambition de soutenabilité selon différents axes : performance environnementale, sociétale, d'usage ;*
- (4) permet d'être déployé dès les phases amont de développement de nouvelles offres (produit, service,...).*

A travers cette définition, nous proposons une étude critique des outils existants, à partir de 3 critères :

- Critère du niveau systémique de l'outil (1)

Par ce critère, nous cherchons à évaluer la capacité de l'outil à pouvoir considérer ou développer une approche globale.

- Critère de l'intégration des dimensions environnementales et sociales (2) et (3)

Par ce critère, nous cherchons avant tout à déterminer si l'outil permet au groupe d'avoir une réflexion sur les dimensions environnementales et sociales du système étudié.

- Critère de l'apport de l'outil sur les phases de conception préliminaire (4)

Par ce critère, nous souhaitons caractériser l'apport principal de l'outil sur le processus d'innovation. Cet apport peut porter sur l'évaluation du système, ou bien sur la phase de génération d'idées.

Nous allons dans un premier temps décrire succinctement chaque outil étudié, pour ensuite caractériser ces outils sur chacun des critères précédemment évoqués.

2.3.3.1. Eco-compass et la roue de Brezet

Eco-compass (Fussler et James, 1997) et la roue de Brezet¹⁹ (Brezet, 1997) font partie des outils classiques utilisés en éco-conception et en éco-innovation. De par leur similarité, nous avons choisi de regrouper notre analyse. Ce sont des outils qui ont cette particularité de condenser les informations environnementales dans un modèle simple et robuste, potentiellement rapidement adoptable par les entreprises.

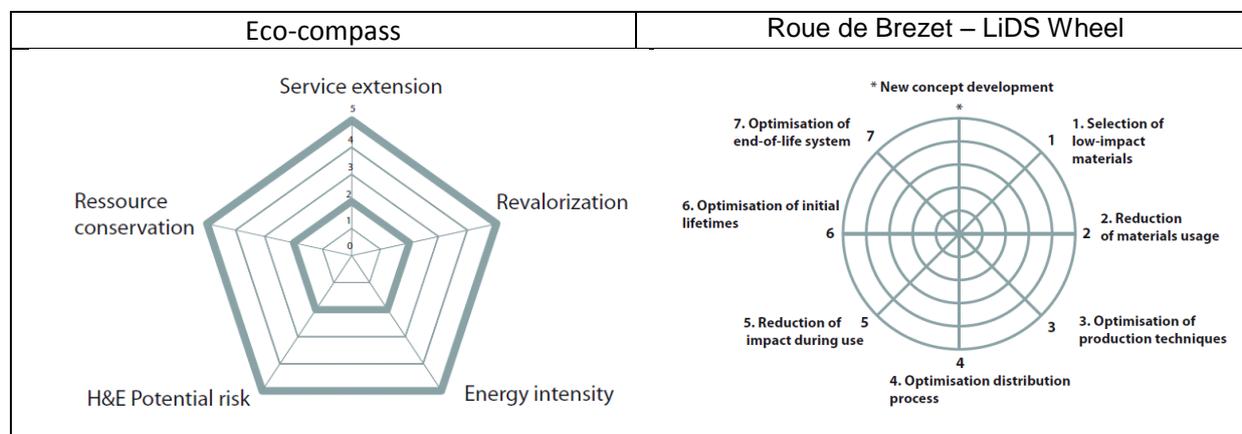


Figure 33 Diagramme Eco-compass (a) et Roue de Brezet (b)

a) Eco-compass

Eco-compass est un outil développé par Fussler et James en 1997, et qui a été largement décrit dans la littérature sur l'éco-conception et l'éco-innovation (Fussler et James, 1997). Il s'agit d'un outil centré sur un diagramme dévaluation (figure 33a) qui propose une évaluation du système autour de 5 axes environnementaux :

- Use intensity;
- Reuse and revalorization;
- Energy intensity;
- Mass intensity;
- Health potential risk reduction;
- Resource conservation.

Ces cinq axes présentent les caractéristique de mixer et de faire interférer une approche orientée sur le cycle de vie du produit (tels que les axes Reuse and Revalorization, ou Use intensity), avec une approche orientée sur l'impact (tels que les axes Health potential risk reduction ou encore Resource conservation).

La présentation de cette méthode a conduit à proposer une démarche globale d'éco-innovation depuis la définition d'objectifs jusqu'à l'évaluation des concepts générés. On peut ainsi distinguer plusieurs étapes :

- Une évaluation du problème en évaluant les impacts environnementaux du produit sur le cycle de vie du produit ;
- Une évaluation du produit sur le radar Eco-compass ;
- Une génération d'idées sur chacun des axes du radar ;
- Une sélection des idées suivant leur pertinence, leur faisabilité et leur originalité ;
- Une préparation de l'implantation du concept dans le processus de conception.

Néanmoins, notons que cet outil est souvent considéré comme un outil d'éco-conception, limité à une évaluation du produit.

¹⁹ Traduction de LiDS Wheel (Life Cycle Design Strategies)

b) La roue de Brezet

La roue de Brezet, ou LiDS Wheel est un outil également focalisé sur une évaluation du produit. Cette évaluation s'articule autour de 8 axes, qui reprennent les étapes du cycle de vie du produit (figure 33, b). Chacun de ces axes est agrémenté de guidelines génériques procurant ainsi une aide en vue d'une reconception du produit.

Cet outil correspond donc à une approche beaucoup plus linéaire, et qui s'apparente davantage à une démarche d'éco-conception, avec l'importance donnée à l'évaluation et à la re-conception. Néanmoins, le dernier axe proposé est spécifique au développement de nouveaux concepts. Comme nous le verrons dans le chapitre 5, ces deux outils ont été expérimentés durant un test. Nous nous rendrons alors compte que malgré leur volonté de s'inscrire dans une démarche d'éco-innovation, la pertinence de ces outils semble plus venir de l'évaluation même du concept que dépendre de la phase de génération d'idées.

En analysant ces deux outils avec notre grille de lecture, nous obtenons:

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

Les différents axes proposés par les deux outils intègrent parfaitement la dimension environnementale du produit, à travers en particulier la notion centrale de cycle de vie du produit. Elle n'offre par contre aucune aide quant à une réflexion sur la dimension sociale du produit.

- Niveau systémique de l'outil :

Ces deux outils ne favorisent pas la mise en place d'une réflexion sur des niveaux systémiques élevés. Ils semblent davantage permettre de se focaliser sur une approche produit.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

Comme précédemment constaté, les démarches proposées par ces outils sont avant tout centralisées sur le diagramme d'évaluation. En effet, même si la roue de Brezet offre des guidelines en vue d'une reconception du produit, et si la démarche Eco-compass propose d'intégrer des sessions de brainstorming autour de ses différents axes, la génération d'idée ne constitue pas le cœur de ces démarches.

2.3.3.2. Diagramme PIT

Le diagramme PIT, pour Product Ideas Tree, est un outil mis en place dans le cadre de la thèse de Elies Jones, et a pour objectif principal de structurer les séances de créativité en éco-innovation, et ainsi favoriser l'émergence des nouveaux concepts éco-innovants (Jones et al., 2001).

Pour cela, cet outil reprend la technique des cartes conceptuelles ou mindmapping (proposé par Tony Buzan), tout en articulant la réflexion autour de deux dimensions :

- Des points d'entrée d'éco-innovation de la mindmap issus de l'outil Eco-compass et permettant de débiter les séances de créativité.
- Une structuration radiale reprenant le processus de conception.

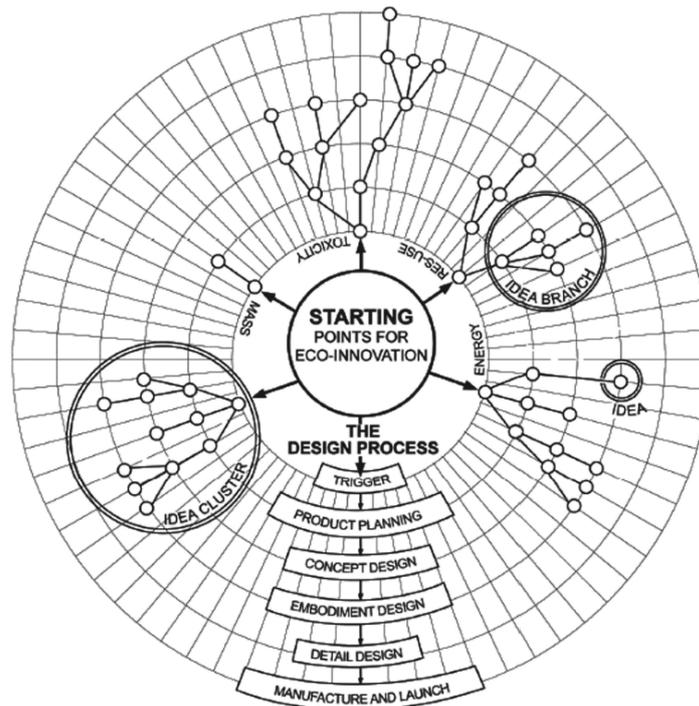


Figure 34 Diagramme PIT (Jones et al., 2001)

Ainsi, l'outil permet d'identifier efficacement au cours de la session des clusters ou grappes d'idées qui ont été développées, ainsi que leur niveau de détail. Il présente l'intérêt de structurer la génération d'idées et les résultats, permettant une « mémoire du projet » et l'identification rapide des pistes explorées ou qu'il convient d'explorer.

Néanmoins, les tests effectués sur cette méthode montrent clairement les problèmes engendrés par une structuration trop forte, qui semble inhiber la démarche et qui ne permet pas à l'outil d'être flexible. Par ailleurs, si cet outil structure le résultat de la génération d'idées, il ne propose pas d'aide pour générer ces idées.

En analysant cet outil avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

En reprenant les axes de l'outil Eco-compass, le diagramme PIT intègre parfaitement la dimension environnementale (cycle de vie et impact environnementaux) mais ne permet pas d'aborder les dimensions sociales du produit.

- Niveau systémique de l'outil :

L'outil ne se favorise pas la mise en place d'une réflexion systémique. Néanmoins, en structurant radialement la mindmap à l'aide notamment du processus de conception, il incite le groupe à faire émerger des concepts plus généraux et potentiellement sortir du cadre du produit même.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

L'apport principal de l'outil réside dans la phase de génération d'idée. Il cherche à stimuler le groupe en forçant la réflexion autour des points d'entrée d'Eco-compass et en suivant le processus de conception. Néanmoins, il ne propose pas une aide précise pour faire émerger les nouveaux concepts.

2.3.3.3. TRIZ orientée éco-innovation

La méthode TRIZ est une méthode d'innovation, issue des travaux de G.A. Altsuller, qui a pour objectif de systématiser la démarche de résolution de problème²⁰. Cette méthode TRIZ a été

²⁰ Le lecteur pourra se référer au chapitre 3 qui décrit plus en détail la méthode TRIZ

étudiée par de nombreux auteurs, et notamment sur sa pertinence dans l'approche d'éco-innovation. Elle est perçue comme étant une méthode à haut potentiel en éco-innovation comparée aux méthodes d'éco-innovation préexistantes (Jones, 2003 ; Russo et Regazzoni, 2008).

Une première série de recherches a permis d'évaluer la pertinence des paramètres de la matrice de TRIZ et des principes de cette matrice avec des critères environnementaux. Jones a en effet comparé les paramètres de la matrice TRIZ avec les axes d'Eco-compass dans le but de rechercher si ces différents paramètres recouvraient les notions clé de l'éco-innovation (Jones, 2003).

Cette étude a souligné que 3 des 6 axes de Eco-compass (Human and Environmental risk, Ressource conservation et Reuse and revalorization) ne sont que faiblement représentés dans les paramètres de la matrice, et montre la nécessité de faire évoluer ces paramètres pour l'éco-innovation (figure 35).

A l'inverse, Chen a identifié des solutions éco-innovantes pour chacun des principes de TRIZ (Chen, 2003) tandis que Fresner a noté de nombreuses similarités entre les stratégies de production responsable et les 8 lois d'évolution de TRIZ (Fresner et al.,2010).

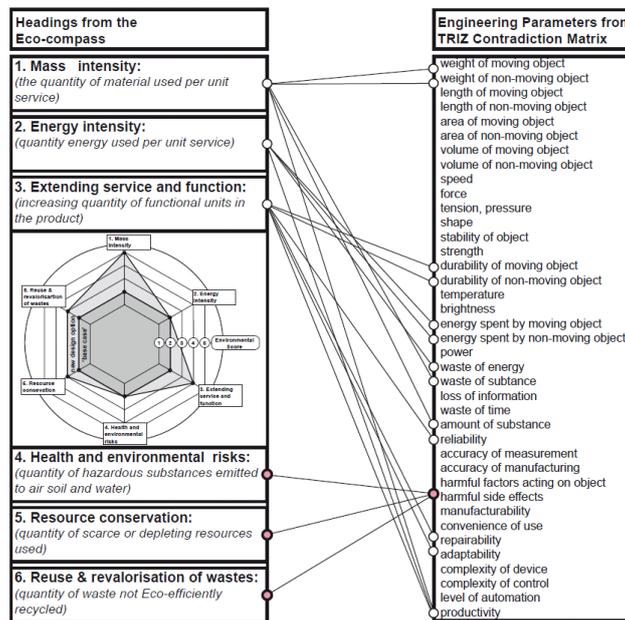


Figure 35 Comparaison des paramètres TRIZ avec les axes Eco-compass (Jones, 2003)

Outre ces travaux préliminaires, les travaux d'adaptation de TRIZ en outil d'éco-innovation peuvent se décomposer selon trois « types » :

- Les travaux spécifiques sur un outil de TRIZ en particulier ; ainsi, nous pouvons citer les travaux de Chen sur la matrice de contradiction (Chen, 2001) ou encore ceux de Russo sur les lois d'évolution (Russo et Regazzoni, 2008) ;
- Les travaux de simplification de la méthode (Jones, 2003) ;
- Les travaux sur une méthodologie générale d'éco-innovation basée sur TRIZ (Kobayashi, 2006 ; Samet, 2010; Yang et al., 2011).

Le tableau 17 ci-dessous reprend les principaux travaux issus de TRIZ.

TRIZ en éco-innovation	Référence
Travail sur les outils TRIZ	<ul style="list-style-type: none"> - Matrice de contradiction (Chen et Liu, 2001) - Lois d'évolution (Russo, 2008) - Loi d'évolution couplée avec le Résultat Idéal Final (Fresner et al., 2010) - 9 écrans (O'Hare, 2010) - Résultat Idéal Final (Chen, 2002)
Simplification de TRIZ	<ul style="list-style-type: none"> - Résultat Idéal Final, Contradictions techniques, Contradictions physiques, (Jones, 2003)
Méthode générale utilisant TRIZ	<ul style="list-style-type: none"> - Eco Malin (Samet, 2010) - LCP Planner (Kobayashi, 2006) - TRIZ et le CBR (Yang et al. 2011) - TRIZ et les PSS (Law et al., 2000)

Tableau 17 Démarches d'éco-innovation à partir de TRIZ

Les principaux résultats de ces recherches sur TRIZ et l'éco-innovation sont repris ci-après :

a) Travaux sur la matrice de contradiction de TRIZ (Chen et Liu, 2001)

Les travaux de Chen et Liu se sont focalisés sur la matrice de contradiction de TRIZ. Les auteurs ont cherché dans un premier temps à mettre en place un tableau de correspondance entre les 7 principes d'éco-efficience par le WBCSD (World Business Council For Sustainable Development) décrits dans le tableau 18 et les paramètres de la matrice TRIZ.

Principes proposés par le WBCSD (1995)
A/ la réduction de la demande de matériaux pour les produits et services;
B/ la réduction de l'intensité énergétique des produits et services;
C/ la réduction de la dispersion des substances toxiques;
D/ l'amélioration de la recyclabilité des matériaux;
E/ l'optimisation de l'utilisation durable des ressources renouvelables;
F/ la prolongation de la durabilité des produits;
G/ l'accroissement de l'intensité de service des produits et services.

Tableau 18 Principe du WBCSD

Ainsi, la méthode conduit à proposer au concepteur de choisir un principe d'éco-efficience à améliorer et un paramètre correspondant, à l'aide de la matrice 1 (tableau 19).

Principe de la matrice	Extrait de la matrice																																																																																								
<p>Principe d'éco-efficience du WBCSD</p> <p style="text-align: right;">→</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 10px;">Paramètre</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; text-align: center; width: 150px; height: 100px;"> <p>Matrice 1</p> </div> </div> <p style="text-align: left;">↓</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Eco-efficiency Elements</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">Engineering Parameters</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">1 Weight of moving object</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">2 Weight of non-moving object</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">3 Length of moving object</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">4 Length of non-moving object</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">5 Area of moving object</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">6 Area of non-moving object</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">7 Volume of moving object</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">8 Volume of non-moving object</td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">9 Speed</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>⊗</td> <td></td> <td></td> <td>⊗</td> </tr> </tbody> </table>	Eco-efficiency Elements	A	B	C	D	E	F	G	Engineering Parameters								1 Weight of moving object	⊗	⊗						2 Weight of non-moving object	⊗							3 Length of moving object	⊗	⊗						4 Length of non-moving object	⊗							5 Area of moving object	⊗	⊗						6 Area of non-moving object	⊗							7 Volume of moving object	⊗	⊗						8 Volume of non-moving object	⊗							9 Speed				⊗			⊗
Eco-efficiency Elements	A	B	C	D	E	F	G																																																																																		
Engineering Parameters																																																																																									
1 Weight of moving object	⊗	⊗																																																																																							
2 Weight of non-moving object	⊗																																																																																								
3 Length of moving object	⊗	⊗																																																																																							
4 Length of non-moving object	⊗																																																																																								
5 Area of moving object	⊗	⊗																																																																																							
6 Area of non-moving object	⊗																																																																																								
7 Volume of moving object	⊗	⊗																																																																																							
8 Volume of non-moving object	⊗																																																																																								
9 Speed				⊗			⊗																																																																																		

Tableau 19 Matrice de corrélation entre les principes du WBCSD et les paramètres TRIZ

Dans un deuxième temps, recherchant un souci de simplification de la démarche, les auteurs ont supprimé la matrice de contradiction. Pour cela, ils ont identifié les principes de TRIZ associés aux paramètres à améliorer, avant d'identifier les principes de TRIZ associés aux paramètres qui se dégradent. En comptabilisant les principes d'innovation de TRIZ qui apparaissent le plus souvent pour chaque paramètre, ils ont ainsi proposé une nouvelle matrice associant à chaque paramètre un ensemble de principes innovants (figure 36).

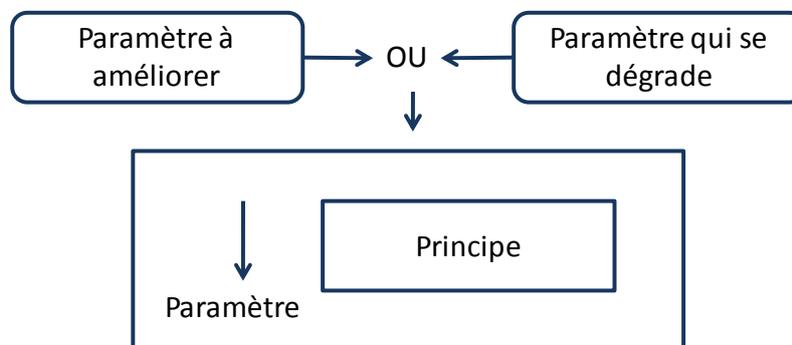


Figure 36 Matrice TRIZ sans les contradictions

A l'aide de ces deux matrices, la démarche se simplifie. En effet, à l'aide du paramètre choisi à l'aide de la matrice 1, le concepteur peut alors directement choisir un principe d'innovation grâce à la matrice 2 lui permettant d'innover.

Cette méthode présente donc l'avantage de proposer une simplification de la démarche de la matrice TRIZ en supprimant la matrice de contradiction. Par ailleurs, en s'appuyant sur la force des principes d'innovation de TRIZ, cette méthode propose au concepteur une réelle aide pour l'innovation. Cependant, les travaux supprimant le principe de contradiction ne semblent pas avoir de fondement théorique solide, rendant dès lors la démarche instable.

Par ailleurs Samet, dans sa critique de la méthode, fait remarquer que les correspondances entre les paramètres de TRIZ et les critères du WBCSD sont totalement arbitraires et ne semblent pas toujours justifiés. A titre d'exemple, il est ainsi souligné que :

« le choix des paramètres 9 (vitesse), 10 (force), 11 (pression) pour modifier un concept dans l'axe D (recyclabilité) n'est pas justifié et ne semble pas évident de prime abord » (Samet, 2010).

En analysant cette méthode avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

La dimension environnementale dans cette méthode est intégrée à travers la prise en compte en amont des principes d'éco-efficience du WBCSD. Néanmoins, si cette dimension n'est pas clairement exprimée tout au long du processus, elle risque de passer en sous critère lors de la phase de génération d'idées. La matrice de contradiction ne permet pas d'intégrer la dimension sociale du système dans la réflexion.

- Niveau systémique de l'outil :

Les paramètres de la matrice de contradiction de TRIZ s'avèrent être extrêmement techniques et donc destinés à la résolution de problème avant tout technique. Cette méthode ne permet pas de travailler à des niveaux systémiques élevés, et favorise une étude du système et du sous-système.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

Cette méthode d'éco-innovation s'articule autour de la matrice de contradiction. Son apport majeur réside dans la phase de génération d'idées et notamment des principes de contradiction.

b) Loi d'évolution (Russo et Regazzoni, 2008 ; Fresner et al., 2010)

Les lois d'évolution ont été étudiées dans une logique d'éco-innovation. Russo a ainsi travaillé sur une adaptation des lois d'évolution de TRIZ pour développer un nouveau guideline d'éco-innovation. Bien que cet outil ne soit resté qu'en l'état de concept, l'auteur a comparé théoriquement

ce guideline issu de TRIZ avec d'autres outils d'éco-innovation, et en a conclu à la pertinence de cet outil.

Si cette démarche paraît donc extrêmement pertinente, elle n'est pas forcément adaptée à l'éco-innovation. Russo fait remarquer lui-même que des notions essentielles en éco-innovation, telles que la durée de vie du produit, n'apparaissent pas évidentes dans les lois d'évolution, restant alors au second plan.

Suivant cette même logique, Fresner a développé une méthodologie d'éco-innovation en comparant les principes généraux de production durable avec les lois d'évolution. Cette méthodologie est avant tout destinée aux systèmes de production, comme, par exemple, la minimisation des déchets. Elle se fonde sur des éléments de TRIZ, notamment les lois d'évolution, mais s'inspire également du principe du Résultat Idéal Final.

Elle consiste tout d'abord à réaliser une analyse fonctionnelle du processus, reprenant l'ensemble des éléments tels les matériaux, les émissions ou encore les consommations. Puis elle propose de définir le système idéal à chacune des étapes du processus, en appliquant notamment un jeu de questions dérivées des lois d'évolution (voir tableau 20).

Law of evolution	Corresponding optimisation questions
Stepwise evolution of systems	Can the need for a function be eliminated?
Increasing ideality	Can operating components be replaced by existing?
Different evolution of system elements	Can operating components be replaced by other ones (more advanced ones)?
Increase in dynamics and control	Can the system take over functions itself?
Increase in complexity and decrease again	Can components or functions be gotten rid of?
Increase of coordination	Can unwanted functions be eliminated by other functions?
Miniaturisation	Can operating components be replaced by other ones (smaller ones)?
Decrease in human interaction	Can unwanted functions be eliminated by other functions (automatic control)?

Tableau 20 Jeu de questions proposées par (Fresner et al., 2010)

Cette démarche, avant tout destinée à l'étude des systèmes de production durable, présente donc l'intérêt de proposer un jeu de questions extrêmement génériques. En cela, elle présente l'avantage d'être simple et, selon les auteurs, d'être accessible à des concepteurs sans grande expérience dans le domaine étudié. Enfin, elle peut aider efficacement à l'identification de stratégies.

En analysant cette démarche avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

Cet outil intègre de façon indirecte la dimension environnementale en adaptant les lois d'évolution pour l'éco-innovation. Néanmoins, la dimension sociale n'est pas abordée.

- Niveau systémique de l'outil :

Les lois d'évolution proposées par (Russo et Regazzoni, 2008) ne favorisent pas une réflexion à des niveaux systémiques élevés, mais ne la bloquent pas non plus.

Concernant l'approche de Fresnel, celle-ci elle est destinée à une innovation sur les systèmes de production et donc à une réflexion au niveau du produit.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

Ces deux outils permettent avant tout d'établir de nouvelles stratégies en vue d'une nouvelle conception du produit et de la génération de nouveaux concepts.

c) 9 écrans (O' Hare, 2010)

Comme nous l'avons vu préalablement dans la description de son étude, O'Hare a travaillé notamment sur un ensemble d'outils dont une adaptation des 9 écrans de TRIZ. Cet outil, présenté

dans la figure ci-dessous permet d'aider à sortir du cadre d'étude et d'envisager de nouvelles perspectives dans le temps et l'espace.

O'Hare propose quant à lui une adaptation de cet outil pour y incorporer les principes d'éco-innovation et en particulier la notion de cycle de vie.

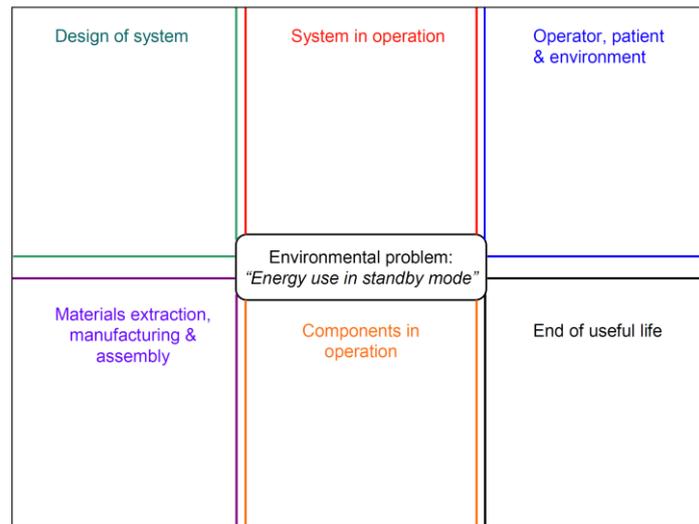


Figure 37 Adaptation des 9 écrans pour l'éco-innovation

Ainsi, au lieu de proposer une réflexion sur un axe temporel et un axe systématique, les neuf écrans adaptés pour l'éco-innovation se décomposent en 6 cases :

- Materials extraction, manufacturing & assembly;
- Design of system;
- System in operation;
- Components in operation;
- User and operating environment;
- End of useful life.

Cette adaptation des 9 écrans pour l'éco-innovation permet donc de mettre en évidence, et de réincorporer, des notions de cycle de vie dans le processus de réflexion.

Néanmoins, la puissance initiale de cet outil est avant tout de permettre de sortir du niveau systémique du produit considéré, et cette caractéristique semble oubliée avec les travaux proposés.

En analysant ces deux outils avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

En adaptant les 9 écrans avec la notion de cycle de vie, cet outil permet d'intégrer dans la réflexion de l'utilisateur la dimension environnementale.

De plus, si elle ne favorise pas la réflexion sur la dimension sociale du système, cet outil ne semble pas non plus la bloquer.

- Niveau systémique de l'outil :

L'outil des 9 écrans permet aux utilisateurs de réfléchir au système et au méta système. Par contre, cette adaptation diminue ce potentiel d'exploration des différents niveaux systémiques.

Néanmoins, les terminologies employées dans les différents écrans ne bloquent pas une réflexion à un haut niveau systémique.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

O'Hare a développé cet outil dans le but de clarifier le problème initial. Ainsi, l'apport de cet outil réside avant tout dans la phase de mise en place et d'évaluation du problème.

d) TRIZ et le CBR (Yang et al., 2011)

Les travaux de Yang ont consisté à intégrer les outils TRIZ avec l'approche CBR (Case Based Reasoning) dans le but de favoriser la génération de concepts d'éco-innovation.

L'approche CBR consiste à s'inspirer de cas similaires pour résoudre des problèmes actuels. L'approche CBR reprend donc le comportement humain qui utilise ses expériences passées pour résoudre ses problèmes. Pour ce faire, l'approche CBR utilise une base de données pour regrouper l'ensemble des études précédentes.

Ainsi, Yang considère que cette méthode permet de dépasser l'optimisation du produit pour au contraire proposer de nouveaux modèles permettant de générer des concepts éco-innovants. L'approche reprend donc différents outils : CBR – Matrice de contradiction – Résultat idéal Final et enfin les principes du WBCSD.

Cette approche consiste dès lors, et avant tout, à intégrer différents travaux, comme ceux de Chen sur la matrice de contradiction en éco-innovation, ou encore le principe de résultat idéal final.

La figure 38 ci-dessous reprend la méthodologie proposée.

Dans un premier temps, le processus de l'approche CBR est utilisé. A l'aide des informations sur le futur produit, une base de données regroupant l'ensemble des cas précédemment étudiés est utilisée. Une fois un cas assez similaire trouvé, le concepteur peut l'adapter dans le but de répondre aux caractéristiques du futur produit.

Puis, dans un deuxième temps, l'étape suivante consiste à sélectionner une caractéristique particulière du futur produit et un principe du WBCSD, dans le but de les intégrer et de permettre ainsi de générer des solutions adéquates.

L'approche consiste ensuite à utiliser ces résultats, avec les outils de TRIZ, adaptés à l'éco-innovation, comme la matrice de contradiction présentée précédemment, ou encore les travaux sur le résultat idéal final.

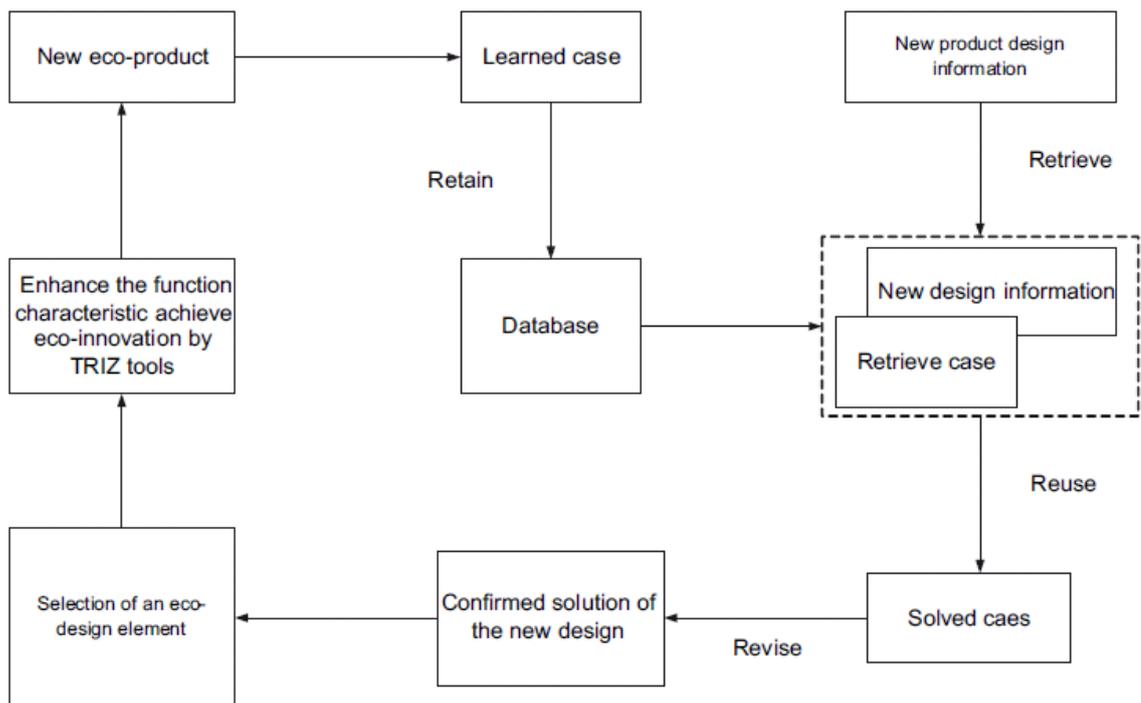


Figure 38 Principe de l'outil couplant TRIZ et le CBR (Yang et al., 2011)

Ces travaux sont donc intéressants car ils proposent une méthode complète. Il ne s'agit pas d'adaptation spécifique de l'approche CBR et de TRIZ, mais plutôt d'une suite logique entre divers outils, montrant ainsi l'intérêt de combiner différents outils.

En reprenant les travaux de Chen sur la matrice, cette méthodologie en reprend donc les limites pour l'éco-innovation, telle une approche technique du produit.

En analysant cette méthode combinant les outils TRIZ et l'approche CBR avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

Comme l'outil proposé par Chen, cette méthode utilise comme référence environnementale les principes d'éco-efficacité du WBCSD.

La dimension environnementale est donc intégrée dans le processus mais, ponctuellement, et présente donc le risque d'être minorée au cours du processus.

Les dimensions sociales ne sont pas considérées.

- Niveau systémique de l'outil :

Cette méthode s'articule autour des outils de TRIZ et, particulièrement, autour de la matrice de contradiction.

Comme nous l'avons vu précédemment, elle favorise donc une approche uniquement produit.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

Cette méthode d'éco-innovation s'articule autour de l'approche CBR et autour de la matrice de contradiction. Ainsi, son apport majeur réside dans la phase de génération d'idées et notamment des principes de contradiction.

e) Eco-MAL'IN (Samet, 2010)

Le travail sur Eco-MAL'IN est une adaptation d'un travail préliminaire du laboratoire TREFLE de l'ENSAM Bordeaux sur une méthodologie et un outil logiciel de conduite d'études de créativité technique et d'innovation MAL'IN.

Cet outil est présenté comme pouvant facilement s'intégrer au processus de conception des entreprises car il reprend notamment les principes de l'analyse fonctionnelle qui est une méthodologie connue par les concepteurs.

Il est aussi présenté comme d'utilisation rapide et ne nécessitant qu'une formation relativement légère.

Ce logiciel est bâti autour d'un questionnaire permettant d'analyser, de formuler et de résoudre un problème industriel, et d'utiliser en partie des outils de la méthode TRIZ.

La démarche de l'outil Eco-MAL'IN s'articule autour de 4 phases (figure 39) :

(1) Une phase de pré-analyse qui a pour objectif d'effectuer un diagnostic du système actuel ainsi que de délimiter les champs d'études.

Cette phase s'appuie en particulier sur la matrice Eco-MAL'IN (tableau 21) qui offre une vision simplifiée de l'impact environnemental d'un produit en croisant les axes d'éco-efficacité avec les situations de vie. A partir de cette matrice, le groupe peut identifier et sélectionner une action à réaliser.

	Extraction de matière première	Industrialisation	Distribution	Utilisation	Fin de vie
A) Réduire l'influence matérielle	X	X	X	X	X
B) Augmenter l'efficacité énergétique				X	X
C) Eliminer les risques de toxicité			X	X	X
D) Améliorer la recyclabilité et la réutilisation				X	X
E) Optimiser l'utilisation des ressources				X	X
F) Augmenter la durée de vie des produits et la désirabilité des produits				X	
G) Augmenter les fonctionnalités et les services			X	X	

Tableau 21 Matrice Eco-MAL'IN : relations entre les phases du cycle de vie et les paramètres éco-efficacité

(2) Une phase d'analyse et structuration du problème, qui permet d'affiner le raisonnement du groupe et préparer le groupe à la résolution du problème. Cette phase s'appuie notamment sur des

« fiches connaissances » associées à chaque action, mais aussi sur la recherche d'opportunités, c'est-à-dire la recherche, dans le produit, de leviers d'actions. Elle propose 6 possibilités de structuration du problème (par exemple, suppression de composants, segmentation de composants, ajustement et réagencement).

(3) Une phase de formulation des modèles.

Cette formalisation se fait à partir du choix de structuration effectué dans la phase précédente. Et conduit en la mise en place de biais d'attaque du problème à interpréter en fonction du produit.

(4) Une phase de résolution de problème à l'aide des outils MAL'IN et TRIZ.

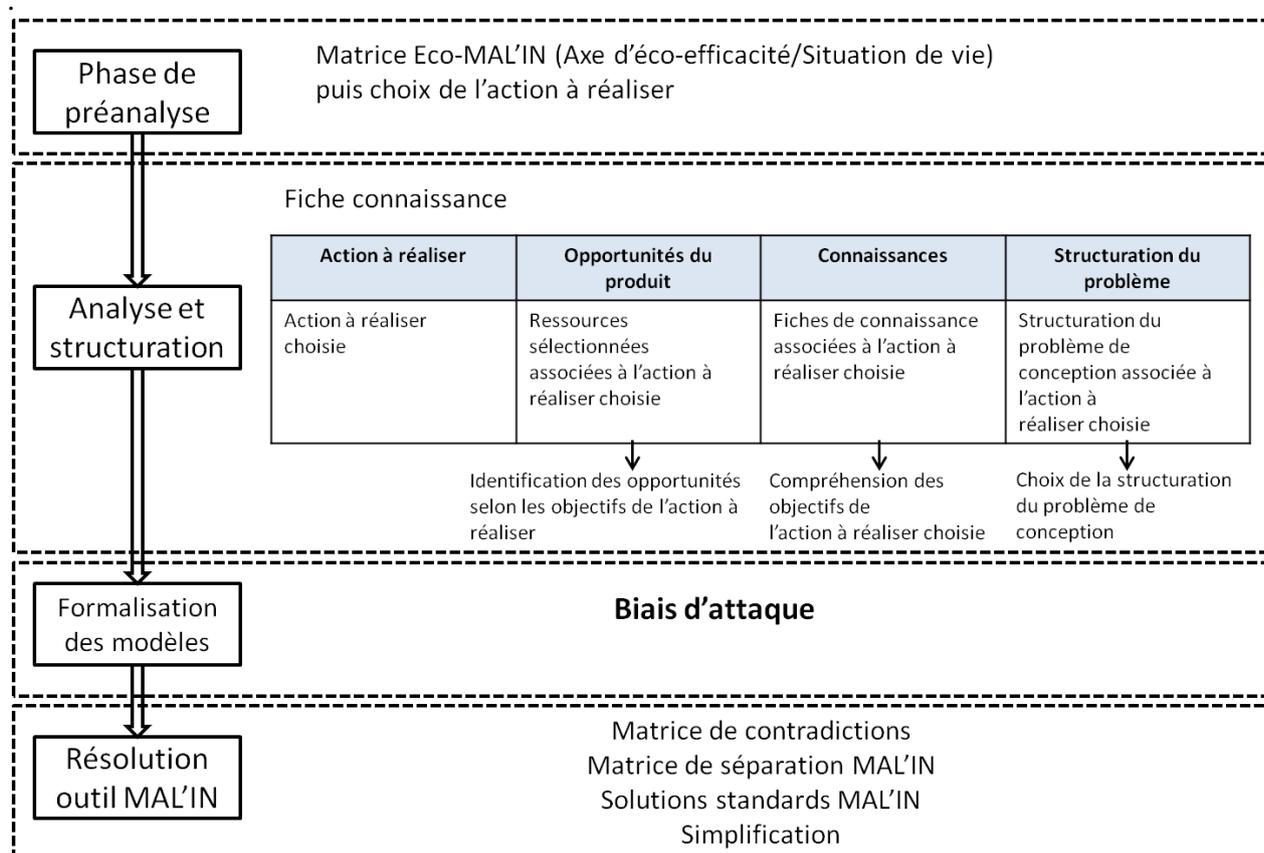


Figure 39 Démarche de la méthode Eco-MAL'IN

Cet outil semble être plus destiné à de la créativité technique car ne permettant pas de remise en cause de l'usage même du produit. On reste extrêmement proche du produit lui-même et la matrice Eco-MAL'IN, cœur même de la méthode, est très orientée « produit » et pas forcément pertinente sur d'autres applications de type services.

Une partie de la thèse consiste néanmoins à démontrer que Eco-MAL'IN peut servir de support à des designers, en intégrant notamment l'usage. Néanmoins, cette intégration du designer se fait par « interprétation », envisagée comme possibilité et non comme valeur portée par l'outil.

En analysant ces deux outils avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

La matrice Eco-MAL'IN établissant les correspondances entre les étapes du cycle de vie et les principes d'éco-efficience, de même que les fiches connaissances associées au produit, permettent une intégration de la dimension environnementale tout au long du processus d'éco-innovation. Néanmoins, la dimension sociétale n'est pas considérée dans cette méthode.

- Niveau systémique de l'outil :

De par l'utilisation des outils TRIZ, mais aussi de la matrice Eco-MAL'IN établissant les correspondances entre les étapes du cycle de vie et les principes d'éco-efficience, cette méthode ne favorise pas une remise en cause et une réflexion avec un haut niveau systémique.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

Cette méthode se base sur la méthode MAL'IN, elle-même issue de TRIZ. Ainsi, l'apport majeur de cet outil dans le processus d'éco-innovation est la phase de génération d'idée.

f) TRIZ simplifié (Jones, 2003)

Jones a travaillé sur la simplification de TRIZ (figure 40) dans le cadre de l'organisation d'un workshop.

Les outils utilisés correspondaient :

- au principe du résultat idéal final ;
- aux contradictions techniques ;
- aux contradictions physiques.

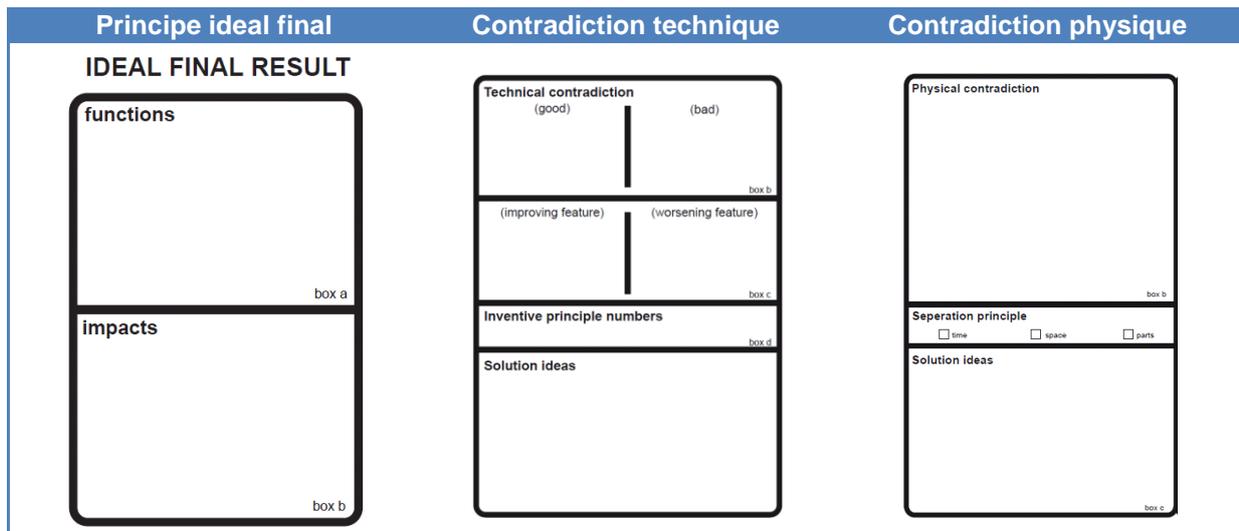


Figure 40 TRIZ Simplifié

Ce workshop consistait avant tout à évaluer la pertinence d'une simplification de TRIZ pour l'éco-innovation. Il parait donc hasardeux de l'évaluer suivant notre grille de lecture. Les principales conclusions de ce workshop montrent néanmoins que le principe global de TRIZ est intéressant pour l'éco-innovation. Le principe même de résolution sans compromis est parfaitement adapté aux enjeux de l'éco-innovation.

Pour conclure, Jones remarque une distinction entre outils. Ainsi, travailler sur la matrice de contradiction focalise l'attention sur le produit, tandis que les lois d'évolution ou le principe du résultat idéal final permettent de sortir du cadre en envisageant des solutions plus radicales.

g) Conclusions sur l'approche TRIZ en éco-innovation

L'ensemble de ces travaux nous permettent d'élaborer des premières conclusions sur l'utilisation de TRIZ en éco-innovation.

En dépit des travaux réalisés dans leur ensemble, certains des outils développés paraissent peu pertinents eu égard aux problématiques que pose l'éco-innovation. Il s'agit avant tout de créativité technique, qui ne semble pas forcément évidente à mettre en œuvre. Si les travaux de Low montrent qu'il est envisageable de travailler sur des systèmes autres que le produit (Low et al., 2000), TRIZ doit être adapté dans le but de passer d'une méthodologie issue d'un contexte purement technologique, à un contexte orienté sur une diversité d'applications (produit, service, usage...).

De plus, l'étude de ces outils ne démontre pas clairement et scientifiquement l'avantage de l'adaptation de ces outils pour l'éco-innovation, vis-à-vis des outils originaux. Les stratégies actuelles de modification de TRIZ pour l'éco-innovation ont avant tout cherché à adapter les différents outils, comme par exemple, utiliser la matrice de contradiction à des fins d'éco-innovation.

Or il est désormais nécessaire, non pas de chercher à utiliser les principes innovants de la matrice, mais au contraire, de les réinterpréter, ou encore de modifier les paramètres techniques (Low et al., 2000).

Certains outils périphériques de TRIZ paraissent néanmoins plus pertinents dans la réflexion. On pense notamment aux 9 écrans qui permettent de dépasser le périmètre du produit ou encore le Résultat Idéal Final qui propose de réfléchir sur un résultat idéal et d'imaginer des solutions intermédiaires.

2.3.3.4. Information-Inspiration (Lofthouse, 2005)

Information/Inspiration est un outil sous forme de site internet développé par Lofthouse. L'approche de cet outil est pertinente car il s'agissait alors de donner au designer des outils spécifiques qui répondent à leur besoins.

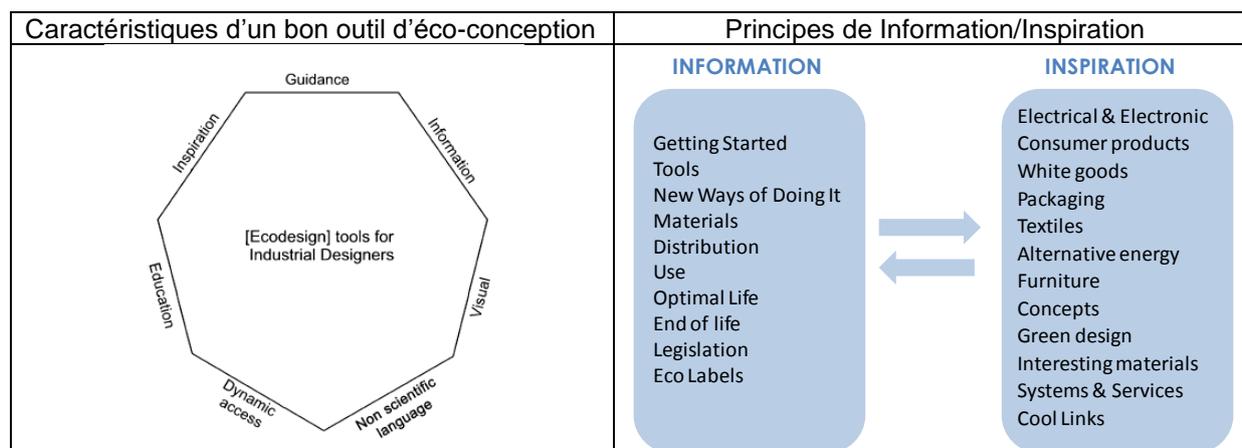


Figure 41 Information/Inspiration

Cet outil présente l'avantage d'offrir aux utilisateurs un ensemble d'information sur l'éco-conception ainsi qu'un ensemble d'exemples sources d'inspiration pour le concepteur (figure 41). L'utilisateur peut ainsi se renseigner sur la phase de distribution et s'orienter directement sur des exemples et des bonnes pratiques d'éco-conception concernant la distribution.

Le fonctionnement de l'outil n'est donc pas formel. Il s'agit plus d'une navigation entre ces deux blocs afin de créer son propre processus de créativité et d'apprentissage. Cet outil a notamment été testé sous la forme de deux workshops, académiques et industriels (Lofthouse, 2005).

En analysant cet outil avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

Cet outil propose aux utilisateurs un ensemble d'informations concernant l'impact environnemental du produit. Néanmoins, la dimension sociétale n'est pas considérée.

- Niveau systémique de l'outil :

Cet outil s'articule autour du cycle de vie du produit. Il engendre donc une réflexion davantage portée sur la modification du produit en lui-même sans pour autant totalement bloquer une réflexion à des niveaux systémiques plus élevés.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

L'outil Information-Inspiration est avant tout un outil proposant un ensemble d'informations environnementales et d'exemples visant à générer de nouveaux concepts et favoriser l'apprentissage des utilisateurs.

2.3.3.5. Eco QFD et Matrice éco-fonctionnelle

La méthode QFD consiste en une matrice ayant pour objet de décomposer le système en divers sous-éléments : consommateur / fonction du produit afin d’émettre des priorités d’action. Le principe de cette méthode est de dépasser les barrières entre les différents acteurs de la conception en proposant un langage commun.

Certains chercheurs ont donc travaillé sur une adaptation de la méthode avec des principes environnementaux et des exemples d’application (Rahimi et Weidner, 2002 ; Wolniak et Sedek, 2008)

Ils ont notamment travaillé sur l’évolution de la méthode QFD avec une dimension environnementale. La figure ci-dessous montre un exemple de modification.

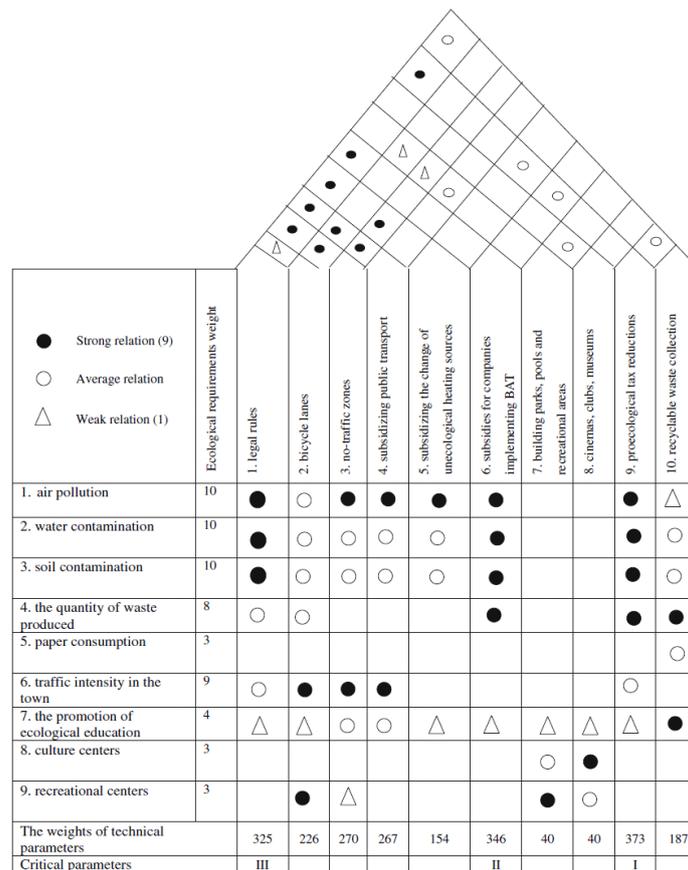


Figure 42 Exemple de QFD avec dimension environnementale

La modification de la méthode QFD en éco-QFD permet de faciliter l’identification de couples éco-fonctionnels stratégiques dans le but de les résoudre. Il s’agit par conséquent d’un outil utilisable en amont de projet et qui permet de bien mettre en valeur des stratégies de conception. Lagerstedt a fait évoluer cet outil QFD pour le simplifier (Lagerstedt, 2003). Elle a donc élaboré deux profils types du produit : un profil fonctionnel et un profil environnemental, dans le but de travailler simultanément sur l’impact environnemental du produit et la fonction.

Profil fonctionnel	Profil environnementale
A. Durée de vie: Quelle durée de vie peut-on attendre du produit?	A. Nombre de produits/an
B. Durée d'utilisation: Durant quelle période peut-on espérer que ce produit sera utilisé	B. Taille (Poids/volume)
C. Fiabilité: Quelle est l'importance que la fonction principale du produit soit remplie complètement?	C. Nombre de matériaux différents
D. Sécurité: Quelle est l'importance de la sécurité du produit?	D. Mélange de matériaux
E. Ergonomie - Interaction homme/produit: Quelle importance accorde-t-on a l'interaction homme / produit	E. Matériaux rares
F. Economie: Quel est le rapport prix/produit ?	F. Matériaux toxiques
G. Flexibilité technique: Quelle est l'importance de la technique sur le produit	G. Energie
H. Demande environnementale: Y a-t-il une forte demande sur le produit	H. Source d'énergie

Tableau 22 Profil environnemental et fonctionnel du produit

Lagerstedt démontre par ses travaux qu'il est inutile de travailler sur les impacts environnementaux sans comprendre la fonctionnalité du produit.

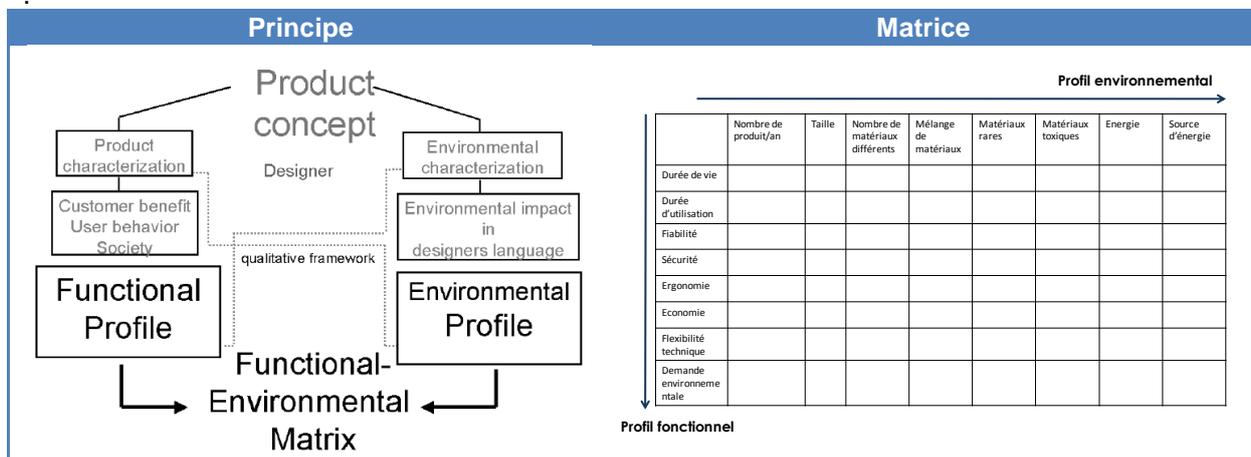


Figure 43 Matrice éco-fonctionnelle

L'avantage de cette méthode est son universalité, tout en permettant également de mettre un zoom plus ou moins important en fonction de l'étape dans le processus de conception (figure 44).

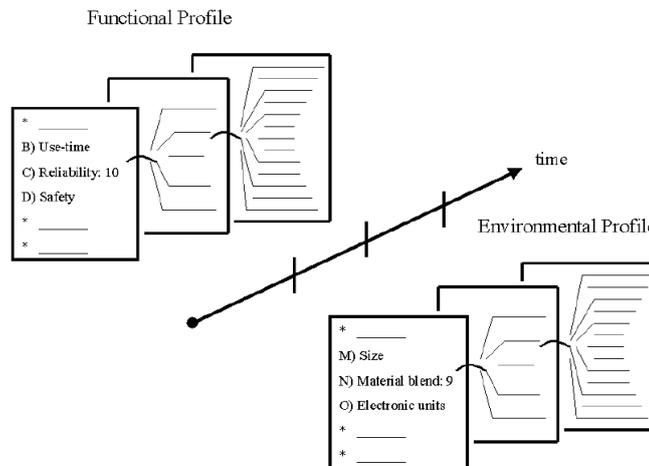


Figure 44 Adaptation des critères de la matrice en fonction de l'étape du processus

Néanmoins, cette recherche manque encore de résultats et de retours d'expériences, et surtout elle ne permet pas d'entrevoir la suite du processus, s'agissant avant tout d'un outil stratégique.

Cet outil paraît néanmoins extrêmement pertinent pour la simplicité d'utilisation et sa capacité à s'intégrer dans les différentes étapes du processus. En analysant l'éco-QFD et la matrice éco-fonctionnelle avec notre grille de lecture, nous obtenons donc :

- Intégration des dimensions environnementales et sociales :

L'outil propose de mettre en relation le profil environnemental du produit avec le profil fonctionnel. Ainsi, il intègre parfaitement la dimension environnementale du produit. Néanmoins, la dimension sociétale n'est pas considérée.

- Niveau systémique de l'outil :

En mettant en valeur le profil fonctionnel du produit, cet outil favorise une réflexion sur le produit mais aussi sur son contexte d'utilisation. Ainsi, il permet de mettre en valeur l'approche utilisateur.

- Apport principal de l'outil dans le processus d'éco-innovation :

L'objectif de cet outil est essentiellement de permettre au concepteur d'identifier des couples éco-fonctionnels prioritaires concernant le produit.

Ainsi, l'un des apports majeurs de cet outil concerne la phase de mise en place du problème.

2.3.3.6. Ensemble des guides

Au-delà de ces outils, il existe dans la littérature un ensemble de guides comme les Ten Golden Rules de Luttrup (Luttrupp et Lagerstedt, 2006) ou encore le guide spécifique au « design durable » édité par le Eco Design Foundation (Mellick, 2004). Ce dernier est un processus de réflexion sur 10 étapes permettant de comprendre les enjeux du développement durable à l'égard de la conception et permettant également de bien connecter la dimension « matérielle » et la dimension plus « subjective » du produit (tableau 23). Le travail de Mellick reste à l'état conceptuel. (Mellick, 2004). Ce guide a pour objectif l'étude du produit, à travers les habitudes, les désirs et le comportement.

Etape du guide	Objectif
Design Precedents	Etude des produits antécédents
Secondary Products	Etude des ressources nécessaires pour faire fonctionner le produit
Some Questions about need	Travail et justification de l'existence du produit
Projected Use-Life	Etude de la phase d'usage
Lean Design	Travail et justification de la composition du produit
Manufacture Issues	Etude de la fabrication du produit
Distribution Issues	Etude de la logistique associée au produit
Product styling	Etude du design du produit
Retail and Use-Life Management	Etude de la vente et des services associés
Post-use Management	Etudes des nouvelles habitudes prises par le consommateur

Tableau 23 Guide EDF (Mellick, 2004)

Ces guides sont davantage destinés à la reconception de produits. Néanmoins, l'une des critiques majeures est selon Olundh, que lorsqu'il est nécessaire de développer des produits innovants, il paraît plus nécessaire de proposer des cibles à atteindre, des stratégies et non des check-lists (Olundh, 2008).

2.3.3.7. Synthèse

L'étude de ces outils nous amène à constater la difficulté de classer les différentes méthodes et outils en fonction de leur approche éco-innovation/éco-conception/analyse. Cette classification est donc extrêmement subjective. Le choix a donc été, pour l'étude, de sélectionner ces outils d'éco-innovation à partir de leur présentation par leurs auteurs, ce qui a permis d'avoir un panel représentatif de la littérature actuelle.

Le tableau 24 ci-après synthétise donc les différents outils d'éco-innovation selon notre grille de lecture. On peut remarquer que la majorité des outils sont orientés vers la mise en place du problème. Les principaux outils spécifiquement orientés vers la génération d'idées sont donc issus de la méthode TRIZ. Néanmoins, tout comme Jones, on peut penser que les différents outils issus de cette théorie sont inégaux face aux problématiques de l'éco-innovation (Jones, 2003) :

- d'une part, la matrice de contradiction telle qu'elle est employée, est limitée à une approche technique, focalisée sur le produit. On ne s'écarte donc pas assez du problème et on manque d'un recul évident.
- d'autre part, les outils type 9 écrans, loi d'évolution ou encore Résultat Idéal Final sont plus intéressants et permettent une approche plus globale, et ainsi « sortir du cadre ».

Enfin, remarquons que les outils permettant de remettre en jeu la fonction même du produit, le contexte ou l'utilisateur semblent être moins focalisés sur la génération d'idées, tandis que les outils plus spécifiques à la génération d'idées sont trop focalisés sur une approche technique. Un outil d'éco-innovation doit donc pouvoir surmonter cette opposition entre une orientation technique de la créativité et une approche globale de l'outil.

Chapitre 2 – ETAT DE L'ART SUR L'ECO-INNOVATION - PROBLEMATIQUE

Outil d'éco-innovation	Apport principal de l'outil		Intégration des dimensions		Justification
	Evaluation du problème	Aide à la génération d'idée	Environnementales	Sociétales	
Diagramme PIT (Jones et al., 2003)		X (faible)	Approche produit		L'outil aide avant tout à structurer la phase de génération d'idée mais n'aide pas le groupe à générer des concepts.
Eco-compass (Fussler et al., 1996)	X		Approche produit		La force de l'outil réside dans le diagramme d'évaluation qui permet de condenser les informations environnementales sur le système étudié. En phase de génération d'idée, il n'est proposé à l'utilisateur qu'un brainstorming sur chacun des axes du diagramme.
LiDS Wheel (Brezet, 1997)	X		Approche produit		La force de l'outil réside dans le diagramme d'évaluation. L'outil propose néanmoins des pistes de recherche de solutions sur chacun des axes du digramme.
Ten golden rules (Luttrop et al., 2006)		X (faible)	Approche produit		La force de l'outil réside dans les règles d'éco-conception. L'outil ne propose aucune aide quant à l'exploitation de ses règles pour le système étudié.
Matrice eco-fonctionnelle (Lagersted, 2003)	X		Approche produit/utilisateur		Ces outils permettent de mettre en relation l'approche fonctionnelle d'un produit avec l'approche environnementale. En cela, ils permettent de sortir du cadre de la reconception de produit. Néanmoins, cet outil permet d'identifier des couples de problèmes plutôt que la génération de solution.
ecoQFD (Rahimi et al., 2002)	X		Approche produit/utilisateur		
Information-Inspiration (Lofthouse, 2004)		X (faible)	Approche produit		Cet outil est avant tout destiné à un public de designer qui souhaite naviguer librement entre des informations d'éco-conception et des exemples qui peuvent servir de stimulus. Il suit une logique d'éco-conception et propose des pistes de recherche de solutions qui restent générales.
TRIZ – Matrice de contradiction (Chen et al., 2001)		X (fort)	Approche produit		Cet outil permet de spécifier les principes innovants en relation avec le système étudié. En cela, il propose une aide forte à la stimulation. Néanmoins, les différents paramètres de la matrice sont très centrés sur une approche technique du produit.
TRIZ- Résultat idéal Final (Jones, 2003)		X (faible)	Approche globale	X (selon l'utilisateur)	Cet outil permet d'imaginer un système qui remplit les fonctions tout en n'ayant aucun impact sur l'environnement. En cela, nous le positionnons comme un outil de génération d'idées. Néanmoins, cet outil seul n'offre qu'une aide faible en ne proposant pas de démarche claire pour atteindre ces solutions.
TRIZ – 9 écrans (O'Hare, 2010)	X		Approche produit	X (selon l'utilisateur)	Cet outil permet de positionner le problème suivant les différentes phases de son cycle de vie. Il est donc avant tout un outil d'évaluation et ne permet pas de sortir du cadre du cycle de vie du système.
TRIZ - CBR (Yan et al., 2011)	X	X (fort)	Approche produit		Cet outil se base avant tout sur la matrice de contradiction et le résultat idéal final. L'aide a la stimulation est donc forte mais axée sur le produit.
TRIZ – Loi d'évolution (Russo, 2008)		X (faible)	Approche produit		Cet outil se base sur les lois d'évolutions de TRIZ. Il permet donc la génération d'idées mais est trop général pour être considéré comme une forte aide à la stimulation.
TRI Z - Loi d'évolution et RIF (Chen, 2002)		X	Approche processus		Cet outil est destiné avant tout à des approches processus, telle la minimisation de production de déchets. Néanmoins, il permet par un jeu de questions dérivées des lois d'évolution de s'orienter rapidement et simplement vers des stratégies efficaces en vue d'une optimisation du process.
TRIZ - LCP Planner (Kobayashi, 2006)	X	X (fort)	Approche produit		Le processus propose un ensemble d'outils (QFD, Factor X, TRIZ) qui permettent d'évaluer le système puis générer des idées. La génération d'idées est basée sur les outils TRIZ (matrice de contradiction par exemple) et donc il propose une aide forte à la stimulation.
TRIZ - Eco-MAL'IN (Samet, 2010)	X	X (fort)	Approche produit		Cet outil permet de bien évaluer le problème pour ensuite proposer des pistes de solutions et utiliser les outils TRIZ pour la recherche de solutions. En cela, il offre une forte aide à la stimulation. Néanmoins, tout comme les autres outils sur TRIZ, il est très axé sur une approche produit.

Tableau 24 Synthèse des outils d'éco-innovation

2.4. SYNTHESE DE L'ETAT DE L'ART

Dans cet état de l'art, nous avons exploré différents champs de recherche permettant de mieux comprendre les principes de l'éco-innovation.

Le premier champ de recherche a concerné l'approche des nombreuses définitions du terme « éco-innovation », et plus largement de Sustainable Design. Cet état de l'art montre que l'approche théorique de l'éco-innovation fait aujourd'hui largement défaut (Andersen, 2008). C'est ainsi qu'on ne peut obtenir de définitions consensuelles et la frontière entre l'ensemble des concepts d'éco-conception, d'éco-innovation, ou de sustainable design s'avère particulièrement floue.

Les définitions actuelles et notamment celles qui incluent tous les types d'innovation environnementale (des technologies environnementales aux remises en cause du système) montrent que l'éco-innovation est plus considérée aujourd'hui comme un type d'innovation et non comme une vraie réponse aux enjeux du développement durable.

Le deuxième champ de recherche a conduit à l'identification de produits et services répondant aux principes de l'éco-innovation. Par cette cartographie, nous avons souhaité montrer la diversité des concepts qui peuvent être générés mais aussi la complexité pour les identifier. Cette diversité permet ainsi d'entrouvrir des potentiels d'innovation, tels ceux proposées par Olundh (figure 45) (Olundh, 2006).

Pour notre analyse, nous avons établi une grille de lecture, afin de déterminer le type d'innovation, le potentiel de réduction d'impact, l'amélioration du contexte ou le niveau systématique de l'innovation. Cette grille permet de cadrer et de mettre en valeur notre approche de l'éco-innovation. Elle montre en effet la nécessité d'aborder l'innovation d'un produit ou d'un service avec un niveau systématique élevé mais aussi d'aborder des considérations sociales à travers l'amélioration du contexte relatif au produit. Cette cartographie souligne par ailleurs la difficulté à déterminer le caractère éco-innovant d'un produit.

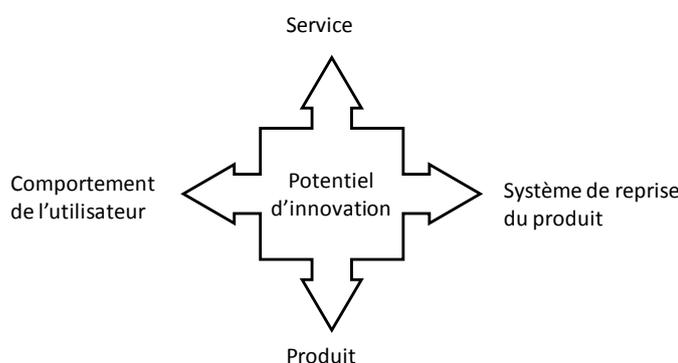


Figure 45 Potentiel d'innovation selon Olundh (Ölundh, 2006)

Le troisième et dernier champ de notre état de l'art a été l'occasion de décrire les différentes méthodes, et autres outils, permettant d'instrumenter l'éco-innovation. C'est ainsi que les différents cas d'étude de Sherwin, Rocchi ou O'Hare nous ont permis de bien illustrer la complexité dans la mise en place de la démarche d'éco-innovation.

Sherwin a notamment axé son étude sur une vision plus globale de l'éco-conception innovante, avec des recommandations générales sur les phases amont de projet, et sur les caractéristiques majeures d'un processus d'éco-innovation (Sherwin, 2000).

Rocchi, quant à elle, a plus orienté ses recherches vers l'approche sociale de l'éco-innovation (pour le compte de Phillips), et plus axée sa démarche vers les systèmes produits services (Rocchi, 2005). O'Hare, pour sa part, a fait une étude plus appliquée avec 5 cas d'études croisés, et le développement d'une boîte à outils en éco-innovation (O'Hare, 2010).

Il faut reconnaître que ces recherches, dans leur ensemble, restent difficilement reproductibles. Elles présentent des processus globaux d'innovation, faisant ainsi entrer en jeu de nombreux paramètres et elles ne représentent que des études de cas « uniques » qui restent très spécifiques et limitées (1 entreprise pour Sherwin et Rocchi, 5 entreprises pour O'Hare).

Pour ces raisons, ces différents cas d'études présentent une forte incertitude et sont difficilement généralisables. En effet, l'innovation est majoritairement dépendante du contexte culturel de l'entreprise, qui pèse, de manière conséquente tant sur le déroulement de l'étude, que sur ses résultats. De plus, ces travaux paraissent peu réalisables au sein d'entreprises n'ayant pas, a minima, cette culture de l'innovation et de l'éco-conception.

Pour conforter ces constatations, nous pouvons souligner que les entreprises au sein desquelles sont intervenues ces 3 cas d'études ne représentent pas la diversité des réalités industrielles. Philips et Electrolux sont des entreprises à forte culture d'innovation, Sherwin les qualifiant même « d'entreprise modèle » (Sherwin, 2000), « entreprise modèle », car ayant développé une vraie approche environnementale de leur produit, et cherchant à mettre en place, ou encore à générer, des innovations radicales (Smith, 2008). Nous restons donc dans le cadre de processus d'éco-innovation principalement véhiculé par des spécialistes, et générant des « outils pour experts » (Lindahl, 2005 ; Knight et Jenkins, 2009). Or si l'on veut que l'éco-innovation soit un processus intégré durablement au sein des entreprises, il est plus que jamais nécessaire de mettre en œuvre des outils, relevant de ce processus, qui soient appliqués par les concepteurs de l'entreprise eux-même avec une réutilisation la plus systématique possible.

Nous avons donc effectué dans un dernier temps un état de l'art des outils qui ont été développé pour instrumenter le processus d'éco-innovation. Une étude précise de ces outils nous permet de mettre en évidence une constatation principale : il y a un manque d'outil d'éco-innovation focalisés sur les phases de génération d'idées et intégrant les différentes approches du développement durable.

Suite au positionnement général de nos travaux (chapitre 1) et l'état de l'art proposé dans ce chapitre, nous pouvons désormais introduire notre problématique de recherche dans le domaine de l'éco-innovation. C'est l'objet des parties suivantes.

2.5. VERS UNE PROBLEMATIQUE SUR LES PHASES D'IDEATION EN ECO-INNOVATION

L'éco-innovation a pour objectif de challenger le système existant pour proposer des alternatives viables et durables. Le cœur même de ce processus est la génération de ces nouvelles propositions.

Parmi les outils que nous avons décrits dans les précédents paragraphes précédent, et comme on peut le lire dans différents travaux et études (Charter, 1997 ; Jones, 2003 ; Bocken, 2011), on remarque que si un nombre important d'outils ont été développés pour supporter un processus d'éco-conception ou d'éco-innovation, très peu d'entre eux proposent une aide spécifique, et réelle, pour générer de nouveaux concepts. Ils restent majoritairement au stade de l'évaluation des systèmes existants (produits, services...).

Pourtant, l'urgence environnementale demande aux concepteurs des ruptures sur les pratiques actuelles de conception et ainsi invite au développement de nouveaux outils les aidant à générer des concepts durables. Concernant les outils actuels, Charter affirme en ce sens que: « *what they don't do is show you how to innovate!* » (Charter, 1997).

Ainsi, si l'objectif de l'éco-innovation est de générer de nouveaux concepts, l'étude de la phase de génération d'idées est essentielle et pourrait être, selon notre hypothèse, mieux accompagnée et instrumentée. Cette phase, appelée aussi phase d'idéation, est la partie centrale d'une session de créativité et d'un processus d'innovation.

Il s'agit de ce moment où le groupe se réunit pour générer des idées et des concepts qui peuvent être pertinents (Briggs et Reining, 2007). C'est durant cette étape que les acteurs de la conception vont chercher à mettre en place de nouvelles propositions, combinaisons, associations, ou modifications afin de générer des concepts nouveaux et pertinents.

Cette phase, appliquée à l'environnement, est reprise, par certains, sous le vocable « phase d'éco-idéation », c'est-à-dire une phase de génération d'idées permettant de réduire significativement l'impact environnemental (Bocken et al., 2011).

Les performances de cette phase de génération d'idées sont conditionnées par de nombreux facteurs, tels que la performance créative des individus, la stimulation engendrée par un éventuel animateur ou par le groupe, mais aussi l'utilisation d'outils et méthodes spécifiques, ces outils

conditionnant les processus de conception. De plus, les impératifs industriels exigent que ces phases d'idéation soit plus rapides et efficaces (Yilmaz et Seifert, 2010).

La réussite de la génération d'idée va donc dépendre de la capacité de l'outil à ouvrir efficacement de nouvelles perspectives, à chercher un nouveau point de vue en déstructurant le cadre établi du problème, et donc à mettre en perspective des alternatives et de nouvelles situations.

Ces facultés vont notamment passer par la mise en place, de manière directe ou non, de mécanismes permettant d'aider les utilisateurs à structurer et déstructurer leur raisonnement.

Ces mécanismes, appelés aussi heuristiques, ou composants d'idéation, sont définis comme des stratégies de transformation d'un concept référent et introduisent de nouvelles variations intentionnelles de ce concept aux fins de produire de nouvelles idées (Yilmaz et Seifert, 2010), ou encore comme des mécanismes cognitifs permettant au concepteur de surpasser l'inertie psychologique (Vargas Hernandez et al., 2010). En cela, l'importance de ces mécanismes est double : (1) ils vont permettre, d'une part, une exploration optimale du problème, en ouvrant le champ des possibles, et (2) d'autre part, au travers de la puissance du mécanisme et de sa facilité d'utilisation, ils vont également permettre de ne pas exagérer le rôle, et l'intervention, de l'expert dans cette phase de créativité ; et ce, en conduisant les utilisateurs à raisonner par eux-mêmes, ce qui ne peut que leur donner confiance par leur réflexion maîtrisée. Ils vont ainsi permettre aux concepteurs d'intégrer, de façon consciente ou non, ces nouveaux outils dans leur processus d'éco-innovation.

La présence de ces mécanismes de stimulation apparaît donc essentielle pour générer des idées innovantes et permettre de caractériser l'efficacité des outils de créativité (Vargas Hernandez et al., 2010), la littérature montrant d'ailleurs, de manière tout à fait claire, que les outils riches en mécanismes de stimulation permettent de générer plus d'idées (Kletke et al. 2001).

Nous comprenons ainsi l'importance des outils de créativité et des mécanismes proposés en éco-innovation. Leur existence même va, dès lors, conditionner les résultats obtenus tant par l'exploration du champ des possibles, que dans le type de solutions proposées (technique, produit, systémique...).

Les outils de créativité, en éco-innovation doivent accompagner les utilisateurs dans une exploration optimale du « champ des possibles », et permettre de s'orienter vers des changements radicaux, notamment par une approche globale du système.

Or dans le tableau de synthèse précédent, nous remarquons que seuls les outils d'éco-innovation issus de la théorie TRIZ sont spécifiques aux phases de génération d'idées, en proposant des mécanismes forts de stimulations (tel que les principes d'innovation de la matrice de contradiction). Néanmoins, cette approche de TRIZ pour l'éco-innovation oriente la recherche de concepts vers une approche technique du système, et non vers une approche plus globale.

La littérature actuelle présente donc une contradiction entre la génération d'idées et l'approche globale et systémique de l'outil : d'un côté, les outils permettant d'appréhender une approche globale sont limités dans la génération d'idées et, d'un autre côté, les outils spécifiques à la génération d'idées sont limités à de la créativité plus technique, trop spécifique, et qui s'adresse à des spécialistes.

Cette réflexion nous amène à une première proposition de problématique de recherche :

Problématique 1 : Il y a aujourd'hui un manque d'outils d'éco-innovation focalisés sur la phase de génération d'idées, et présentant, à la fois, des mécanismes forts de stimulation, et des mécanismes orientant la recherche de solutions vers une approche systémique.

2.6. VERS UNE STIMULATION DES DIFFERENTS ASPECTS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Outre les mécanismes propres de stimulation, une séance de créativité dépend des informations et des « objets » qui sont manipulés en séance, car ceux-ci transmettent des « valeurs » que l'on souhaite justement transmettre dans les idées échangées. D'où l'importance, à l'occasion

d'une séance de créativité en éco-innovation, de bien déterminer ces points d'entrées et les « objets » qui seront alors utilisés.

Le tableau 24 précédent issu de la littérature scientifique, montre de manière tout à fait claire, que l'axe environnemental reste l'approche majeure en conception environnementale (Jones, 2001, Charter, 2007). Cette caractéristique peut notamment s'expliquer par le fait que la conception a une solide tradition dans les disciplines techniques (Wever, 2008). Appliquée à la conception environnementale, la littérature dissocie les impacts environnementaux du contexte économique, culturel, ou du mode de consommation. Pourtant, les transitions vers un développement responsable demandent des changements radicaux dans notre façon de produire, dans nos modes de consommation, ainsi que dans notre perception et dans notre regard vis-à-vis de la société. Il nous faut donc apprendre à vivre mieux, en réduisant notre impact environnemental tout en améliorant la qualité de vie.

Par ailleurs, si la littérature en conception environnementale prône la finalité environnementale, elle présente également des solutions qui impactent des dimensions comportementales, voir sociales, et qui sont autant de nouveaux points d'entrée, et de sources pour une démarche d'innovation. Comme le notent certaines études (Lilley, 2007) on observe de nombreuses situations d'innovation environnementale et sociale provenant de nouvelles formes de comportement, de nouvelles organisations, ou encore, de nouveaux modes de vie.

Prenons le cas des ateliers de réparation de vélo, qui ont été mis en place pour faciliter la réparation de son vélo, et prôner ainsi une alternative concrète, à l'utilisation de la voiture personnelle. Ces ateliers ont, dans un premier temps, été créés dans un but essentiellement « écologique » en l'occurrence, favoriser un moyen de locomotion, et de déplacement, moins polluant. Or le succès effectif de ces ateliers, peut s'expliquer par leur dimension à la fois environnementale et économique (ce dernier aspect étant, pour ces ateliers, de permettre à l'utilisateur de réparer son vélo plus facilement). A ces dimensions initiales s'est rajoutée une dimension sociale, faite de partage et de retours d'expérience des utilisateurs cyclistes.

Il convient de relever, également, que l'efficacité de nombreuses solutions techniques proposées en éco-conception dépendent du comportement de l'utilisateur. La dimension « utilisateur » est donc à prendre en compte avec autant d'attention que celle relevant de la « technique », avec donc pour conséquence que l'attitude de l'utilisateur potentiel, vis-à-vis de l'offre, reste primordiale, et conduit à avoir une approche nouvelle – et donc innovante – de prise en compte de ses réactions, habitudes et modes de vie.

Prenons l'exemple classique du recyclage. Un produit recyclable n'est défini comme tel que s'il existe les infrastructures prévues à cet effet et que si l'utilisateur est enclin à utiliser les infrastructures alors mises en place. Les sacs de caisse dans les magasins, notamment d'alimentation, ne seront réutilisés, s'ils sont prévus à cette fin, qu'en fonction de cette perception par le client utilisateur.

La littérature, montre ainsi que l'environnement et le contexte social dans lesquels le produit va être utilisé peut faciliter ou bloquer certaines « politiques » et donc « pratiques », mises en place. L'utilisateur est, et reste, un acteur majeur, à partir duquel l'impact – plus ou moins fort - du produit peut dépendre.

Lilley a pu donc définir le « *Design for behavioural change* » en montrant combien la conception du produit permettait d'influencer le comportement de l'utilisateur ; ne serait-ce qu'en réduisant les impacts environnementaux et sociaux à l'occasion de son utilisation. (Lilley, 2007).

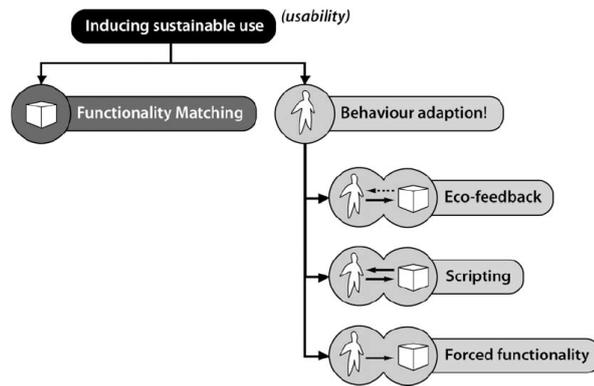


Figure 46 Stratégie en éco-usage (Lilley, 2007)

Par ailleurs, les approches actuellement en conception environnementale touchent de plus en plus les recherches sur les SPS (Systèmes Produit Service), ces Systèmes, s'ils requièrent une évolution des techniques, le succès dans leur mise en œuvre repose avant tout sur le consommateur.

Ce consommateur est-il prêt aujourd'hui à accepter un changement radical dans la perception qu'il se fait de son droit de propriété?

Le fait de limiter l'approche éco-innovante à une approche environnementale, en occultant toutes dimensions sociales et/ou comportementales, ne peut donc être satisfaisant et doit, en tout état de cause, être considéré comme constitutif d'une difficulté, et être analysé comme une contrainte ou comme un acteur majeur à prendre en compte dès la phase amont du projet.

L'ensemble de ces dimensions sont autant de « facteurs d'entrée » pertinents pour une séance de créativité en éco-innovation. Ces considérations nous amènent à formuler notre deuxième problématique.

Problématique 2 : Les dimensions sociales et comportementales doivent être prises en compte dans les outils d'éco-innovation.

Synthèse des problématiques 1 et 2 :

Des problématiques 1 et 2, nous proposons donc d'analyser et d'instrumenter la phase de « *sustainable ideation* », ou éco-idéation, vue ici **comme la phase qui permet de stimuler l'ensemble des axes du développement durable en vue de la génération d'éco-innovations.**

CHAPITRE 3. Approche méthodologique

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons notre approche méthodologique permettant de répondre à notre problématique de recherche :

Dans un premier temps, nous présenterons les différentes étapes de notre approche méthodologique.

Cette présentation nous conduira à préciser les principaux apports de la thèse : le développement d'un outil d'éco-innovation focalisé sur les phases de créativité, ainsi que le développement d'un protocole expérimental nous permettant d'argumenter la performance de cet outil d'éco-innovation. Cet outil d'éco-innovation est une adaptation d'un outil de créativité déjà existant, l'outil ASIT (Horowitz, 1999 ; Horowitz, 2001a ; Horowitz, 2001b).

Dans un second temps, afin de mieux mettre en perspective l'outil ASIT, nous le replacerons avec les autres outils d'aide à la créativité. Cette étude nous conduira à présenter notre stratégie d'adaptation de l'outil ASIT en un outil d'éco-innovation EcoASIT, par une analyse de ses forces et faiblesses sur les problématiques d'éco-innovation.

Puis nous présenterons un état de l'art des différents critères de performance d'un outil d'éco-innovation qui nous serviront de contraintes dans le développement de l'outil.

Enfin, nous proposerons un protocole expérimental comprenant un ensemble d'indicateurs mesurant la performance des phases de créativité en éco-innovation, ainsi qu'un questionnaire permettant d'évaluer la perception des utilisateurs sur l'outil.

3.1. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

L'état de l'art effectué dans le chapitre précédent a permis d'appréhender les limites actuelles des travaux existants et de se focaliser sur deux problématiques :

- Une première problématique qui concerne les outils de créativité et les mécanismes de stimulation dans les phases d'idéation des éco-innovations ;
- Une deuxième problématique qui cherche également à appréhender les points d'entrée et sources d'innovation qui dépassent les aspects purement environnementaux et techniques, pour tendre vers l'intégration des approches sociétales et comportementales.

A partir de ces deux problématiques, nous avons mis en place une approche méthodologique à même d'améliorer les lacunes identifiées dans les outils d'éco-innovation actuels.

Cette approche est illustrée par la figure 47 ci-après.

(1) Dans un premier temps, nous avons posé comme postulat de départ de cette recherche que le processus de créativité sur les thématiques de l'éco-innovation peut s'inspirer des principes de créativité de la conception innovante.

En conséquence, nous avons identifié l'outil ASIT, comme candidat pertinent parmi un ensemble d'outils de créativité, afin de l'adapter en un outil d'éco-innovation, capitalisant, de ce fait, les performances existantes de cet outil.

(2) Dans un deuxième temps, nous avons posé un ensemble de stratégies d'adaptation de l'outil ASIT en outil d'éco-innovation EcoASIT. Pour cela, nous avons étudié l'outil ASIT dans le cadre de l'éco-innovation tant sur la phase de mise en place du problème que sur la phase de génération d'idées. Puis nous avons fait un état de l'art de la littérature afin de sélectionner des critères de performance nous servant de « contraintes » dans le développement de l'outil d'éco-innovation.

(3) Dans le but de tester les phases d'éco-idéation, et en particulier celles de l'outil EcoASIT, nous avons élaboré un protocole adapté d'expérimentations, à travers l'élaboration d'indicateurs « objectifs » et d'un questionnaire nous permettant de recueillir la perception des utilisateurs.

Ces trois premiers points (1), (2) et (3) constituent les prochains paragraphes de ce chapitre.

(4) Une fois la stratégie d'adaptation et le protocole expérimental mis en place, nous avons mis en place un premier test afin d'expérimenter l'outil de créativité ASIT sur une problématique d'éco-innovation et de comparer ses performances avec des outils d'éco-conception et d'éco-innovation.

(5) et **(6)** Les étapes suivantes ont consistés à développer et à adapter l'outil ASIT pour l'éco-innovation. Ces étapes ont consistés au développement des adaptations possibles de l'outil de créativité eu égard aux stratégies et aux impératifs identifiés dans la phase (2), et au développement d'un prototype d'outil d'éco-innovation utilisable par les entreprises. Ce développement s'est articulé autour d'un processus interactif entre des phases de micro-tests et des phases de développement de nouveaux prototypes. Cette phase a conduit plus particulièrement, à deux résultats :

(7) Un premier résultat qui correspond à l'ensemble des approches et prototypes mis en place au cours du développement de l'outil et qui constitue l'historique des évolutions de l'outil EcoASIT, permettant ainsi d'obtenir un ensemble de micro-outils « périphériques ». La plupart de ces outils périphériques n'ont pas pu être testés ou validés, mais ils permettent à l'utilisateur de disposer d'une boîte à outils et de gérer son processus d'éco-innovation.

(8) Un prototype final de l'outil EcoASIT qui a été validé à la fois par l'expérimentation et par le centre d'accueil de cette thèse, APESA-Innovation et répondant aux critères spécifiques de ce centre. Ce prototype constitue la version la plus aboutie qui a été plus spécifiquement testée.

(9) Ce prototype validé EcoASIT a été ensuite expérimenté afin d'en analyser le fonctionnement mais aussi d'en clarifier les manques et les faiblesses. Pour cela, deux tests principaux ont été effectués. Un premier test a consisté à expérimenter l'outil EcoASIT durant un workshop animé par les développeurs de l'outil et organisé durant un séminaire européen sur l'innovation. Un second test a consisté à expérimenter l'outil en « autonomie » dans le cadre d'un master en éco-conception au sein de l'école d'ingénieur Université Technologique de Troyes. Par

« autonomie », nous entendons un test réalisé sans la présence des développeurs de l'outil mais animé par des enseignants préalablement formés.

Notre approche expérimentale et la suite de cette thèse se structurent donc en 2 parties :

- Le chapitre 4 décrira les phases (5), (6) et (7), c'est-à-dire la phase interactive correspondant aux évolutions successives et aux différents prototypes d'outils qui ont été développés durant la thèse. Il présentera aussi les différents tests « qualificatifs » qui ont permis de mettre en pratique ces différentes versions.

- Le chapitre 5 décrira plus spécifiquement les phases (4) et (9), qui constituent les 3 principaux tests expérimentaux qui ont permis de valider l'outil final EcoASIT.

Ces 2 derniers chapitres constituent ainsi une validation de notre démarche sur l'outil EcoASIT. Reich montre en effet que la validation d'un outil est extrêmement complexe (Reich, 2010). En structurant notre thèse suivant ces deux chapitres, nous avons donc cherché à valider l'outil EcoASIT selon deux angles : le premier angle est une validation théorique, en étudiant de manière comparative, les héritages conceptuels et les fondements de l'outil EcoASIT avec l'outil ASIT. Le deuxième angle est celui de la validation expérimentale qui a permis de démontrer l'intérêt de l'outil de créativité ASIT sur des problématiques environnementales puis dans un deuxième test de confirmer que l'outil EcoASIT conservait les caractéristiques bénéfiques de l'outil ASIT tout en focalisant la réflexion sur les thématiques d'éco-innovation.

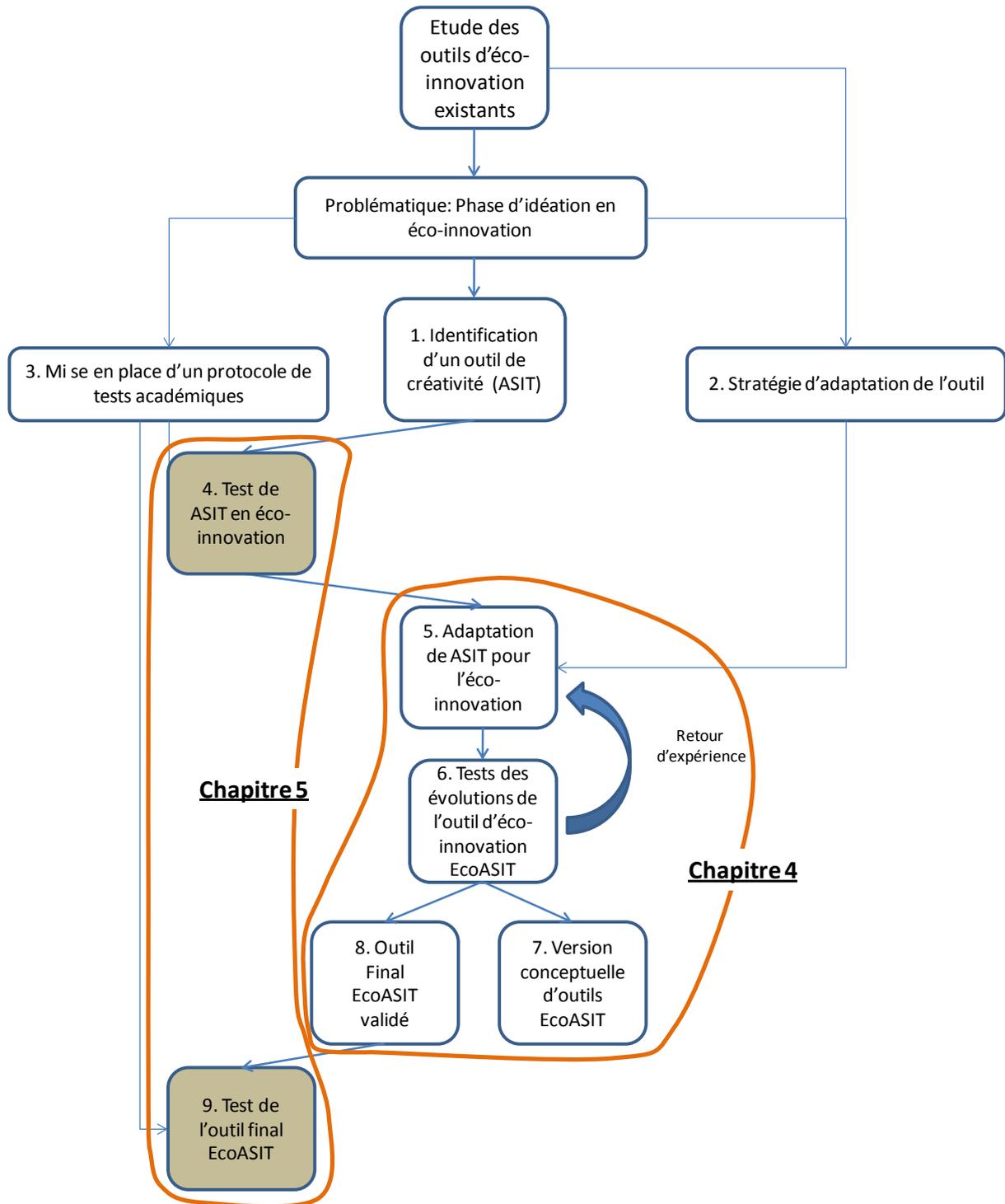


Figure 47 Méthodologie générale employée durant la thèse

3.2.REVUE DES OUTILS DE CREATIVITE EXISTANTS – MISE EN PERSPECTIVE DE L'OUTIL ASIT

Dans le chapitre précédent, nous avons posé la problématique des insuffisances des outils d'éco-innovation actuels sur les phases de génération d'idées.

Au regard de cette problématique, l'hypothèse de départ de notre approche méthodologique est que le processus de créativité sur les thématiques de l'éco-innovation peut s'inspirer des processus de créativité de la conception innovante.

La partie bibliographique de ce chapitre va donc consister à reprendre les principaux principes de stimulation intégrés dans les outils de créativité et d'accompagnement de la conception innovante.

3.2.1. LA CREATIVITE ET SES OUTILS ²¹

3.2.1.1. Qu'est-ce que la créativité ?

La créativité est souvent perçue comme un concept, relativement abstrait, assimilé souvent de manière trop restrictive, à une simple session de brainstorming dont il suffirait alors pour les uns, de regrouper des personnes, générer des idées et en sélectionner les plus pertinentes par rapport à l'objectif fixé, et, pour les autres, de se confronter à des processus infiniment complexes, mêlant différentes données, à caractère cognitif, organisationnel, social, ou encore, technique.

Thiebaud introduit dans sa thèse la créativité comme la capacité à apporter de la nouveauté (Thiebaud, 2003). La créativité consiste également à faire émerger de nouveaux concepts, ou à donner une nouvelle signification aux faits déjà connus (Wallish, 2003).

Cette complexité de la créativité peut se retrouver dans les différentes disciplines qui l'étudient : psychologie, sociologie, management et sciences de l'ingénieur, cognitive, philosophie...

Koestler définit, comme base commune de la créativité, le phénomène de bissociation, lequel consiste à combiner, relier, intégrer des idées existantes mais qui n'avaient, jusqu'alors, pas de rapport entre elles (Koestler, 1976).

La créativité est également définie comme « *un processus intellectuel qui vise à provoquer le plus d'associations possibles, afin d'arriver à une nouvelle synthèse, un nouvel arrangement, d'où surgiront des nouveautés conceptuelles, des stratégies inattendues, des innovations* » (Roy 1978).

Le concept de créativité reste cependant difficile à appréhender, les grands inventeurs eux-mêmes ne s'expliquant pas bien le processus, en amont, de ce qui leur a permis de générer leur invention. Néanmoins, dans un contexte industriel, qui peut être complexe, la créativité ne s'apparente en rien à un trait de génie, à la « découverte instantanée » (Bertoluci, 2006).

Depuis le début du 20^{ème} siècle, de nombreux auteurs ont donc essayé de modéliser ce qui se passe chez un individu, entre le moment où il est confronté à un problème et celui où il trouve une solution créative. Dans (Edward, 1986), il est fait notamment référence à ces différentes évolutions de la modélisation du processus créatif.

L'un des premiers modèles du processus créatif est le modèle de Wallas qui voit dans ce processus 4 étapes (Wallas, 1926) :

- (1) une phase de préparation, durant laquelle le problème est formulé et étudié;
- (2) Une phase d'incubation, conduisant à prendre de la distance avec la problématique, en laissant la thématique de côté ;
- (3) Une phase d'illumination, qui est celle du fameux « *flash of insight* », synonyme d'émergence de solutions créatives ; et c'est principalement durant cette phase que vont intervenir les outils de créativité ;
- (4) Une phase de vérification, afin d'évaluer la pertinence des concepts générés.

Néanmoins, on peut noter dans (Cortes Robles, 2006), que dans l'approche du processus de créativité, certains travaux vont réfuter cette vision segmentée de la créativité, soulignant qu'on ne peut considérer la créativité comme une succession d'étapes. A l'inverse, certains chercheurs ont essayé, au contraire, de systématiser le processus créatif, en l'étudiant comme une science exacte (Altshuller 1999).

3.2.1.2. Vers les outils de créativité

La créativité, et son amélioration, impliquent donc qu'il faut imaginer des techniques et méthodes qui mettent l'homme dans un environnement propice à l'amélioration de son potentiel créatif (Thiebaud, 2003). De son côté, Mougnot, en citant notamment (Casakin et al., 1999), montre que les performances d'un concepteur ne sont pas figées dans le temps, qu'elles sont malléables, et qu'elles s'améliorent avec le temps (Mougnot, 2008).

²¹ Cette partie reprend les travaux de (Legardeur, 2009) et (Pialot, 2009)

Un outil d'aide à la créativité peut avoir un impact sur les performances créatives des concepteurs avec pour objectif, non seulement d'aider le groupe à être performant en génération d'idées, mais également, en lui apprenant à être, lui-même, créatif.

La créativité n'est donc pas toujours une démarche totalement aléatoire, car elle dépend parfois d'outils, plus ou moins structurés, se fondant sur des principes de stimulation facilitant la génération des idées créatives. Jaoui définit ces méthodes comme « *un ensemble de techniques et méthodes individuelles, et de groupes, destinées à entraîner et à encadrer le potentiel créatif des personnes et organisations* » (Jaoui, 1994).

Il est à remarquer que de nombreux auteurs considèrent les méthodes de créativité comme points de départ à l'innovation (Ozer 1999, Jaoui 2003, Ngassa et al. 2003, De Brabandere 2004, Jakobiak 2005) et en les voyant comme moyens de divergence, sans trop préciser où ils les positionnent par rapport au processus de conception.

D'autres auteurs (Aoussat 1990, Groff 2004) définissent plus précisément le cadre d'utilisation des méthodes de créativité, dans certaines phases d'un processus de conception de produits nouveaux.

Pourtant, historiquement, si l'on s'intéresse à leur genèse, il y a lieu de constater que les techniques de créativité n'ont pas été développées, au départ, pour l'innovation industrielle (Le Masson et al. 2006). Dans le monde anglo-saxon des années 1960-1970, la sélection d'élèves, ou encore, le processus de recrutement pour certains postes, ont amené à utiliser une série de tests de créativité, visant à mesurer l'intelligence divergente des candidats. C'est donc pour répondre à une démarche pédagogique, et nourrir ces tests, que les premières méthodes ont été imaginées, notamment par des psychologues, dont Paul Torrance : des exercices d'esprit, à utilisation individuelle ou collective, visant un foisonnement le plus large possible, d'idées nouvelles. Ce n'est qu'après la deuxième guerre mondiale que Guilford (Guilford 1959) a fait la distinction entre l'intelligence convergente, et l'intelligence divergente qu'il rapproche de la créativité.

Aujourd'hui, la littérature concernant les méthodes de créativité est vaste, certains auteurs proposant, à titre d'exemple un classement de 172 méthodes existantes (Ngassa et al. 2003). Shah classe ces méthodes selon deux catégories (Shah et Vargas-Hernandez, 2003):

- les méthodes intuitives, qu'on peut qualifier d'aléatoires, dont l'un des objectifs est de maximiser le nombre d'idées générées ;
- les méthodes plus systématiques, ou logiques, fondées sur une analyse plus fine du problème posé, ainsi que sur une démarche plus construite et convergente.

Cette deuxième approche demande généralement un niveau de détail plus élevé, et est parfois considérée moins efficace pour des innovations « de rupture », car s'appuyant sur de « l'existant » (Li et al., 2007).

Plusieurs remarques peuvent être faites quant aux outils :

(1) La question du choix d'une ou plusieurs techniques, pour une séance de créativité apparaît peu rationnelle (« laquelle ou lesquelles choisir ? ») et on peut donc penser que l'efficacité d'une séance de créativité collective repose en grande partie sur l'animateur, son expérience des techniques à mobiliser, ses aptitudes (sur ses talents) d'animation du groupe, sans oublier, sa capacité à conduire formellement la séance dont il est en charge.

(2) Notre deuxième remarque est que la légitimité des méthodes de créativité elles-mêmes, du point de vue de leur formalisme, est remise en cause par certains auteurs avec, pour conséquence, la présentation des techniques de créativité comme des recettes, un peu sur le mode culinaire, sans qu'il soit proposé de cadre propice à une réflexion théorique pouvant répondre à quelque rigueur (Degrange 2000).

(3) L'analyse dans (Thibaut, 2003) met en évidence le fait que les entreprises sont peu nombreuses à utiliser les méthodes de créativité : soit par manque de ressources pour pouvoir les connaître et les maîtriser, soit par manque de volonté de prise de risque, pouvant résulter des échecs précédents et également par manque de moyens financiers.

Nous allons maintenant passer en revue certaines techniques de créativité. ; étant précisé que notre but n'est pas, ici, d'établir une liste exhaustive de ces outils de créativité, mais de décrire les plus utilisés, ce qui permet d'établir une bonne représentation des pratiques actuelles.

3.2.2. PRESENTATION DES OUTILS

Nous allons évoquer maintenant un certain nombre d'outils de créativité, en soulignant l'aide qu'ils apportent pour générer des idées en fonction de la structuration, mais aussi de la complexité d'apprentissage de l'outil.

Ces conditions peuvent également, nous renseigner sur l'importance du rôle de l'animateur en séance de créativité. En effet, un outil qui propose une aide efficace à la génération d'idées donne à l'animateur un rôle moins prépondérant.

Pour ce faire, nous avons repris les principaux outils décrits dans la littérature:

➤ **Le brainstorming – la méthode 6-3-5 – le C-Sketching**

Le brainstorming est une technique de groupe de génération d'idées considérée comme la plus utilisée dans le monde industriel.

Elle a été développée par Osborn, qui lui a assigné quatre règles principales visant à accroître son efficacité :

- (1) Générer un maximum d'idées;
- (2) Ne pas critiquer les idées générées ;
- (3) Chercher à faire des combinaisons avec les idées précédemment générées ;
- (4) Encourager les idées « extrêmes » (Osborn, 1956).

Cette méthode part de l'hypothèse selon laquelle plus on génère de nouveaux concepts, plus il y a des chances d'en obtenir des pertinents.

La méthode du brainstorming, ainsi que ses performances, sont fréquemment exploitées dans la littérature portant sur les outils de créativité.

Ainsi, les travaux de Litchfield tendent notamment à montrer que lorsque les quatre règles, précédemment évoquées, se retrouvent, et sont combinées avec un objectif précis de quantité, les performances du groupe sont meilleures (Litchfield, 2009). Les travaux de Howard complètent cette constatation, en montrant l'intérêt d'utiliser des stimuli pour augmenter l'efficacité du brainstorming. (Howard et al., 2010).

Néanmoins, bien qu'il s'agisse d'une méthode extrêmement simple, et facilement appropriable, il restera qu'une session de brainstorming dépendra beaucoup de l'animation et du groupe, et non des règles en elles-mêmes. Et la qualité de la session résultera tout particulièrement de l'interaction entre les différentes parties intervenantes et notamment de l'animateur (Schnetzler 2004).

Des évolutions brainstorming ont été mises en place. Elles ont consisté, avant tout, à mettre en place des contraintes dans la session de créativité.

Parmi celle-ci, il convient de mentionner, la méthode 6-3-5, qui cherche à structurer la séance de brainstorming en introduisant un facteur temporel et quantitatif (Rohrbach 1969). C'est ainsi qu'un groupe de 6 concepteurs doit générer individuellement 3 idées toutes les 5 minutes. Une fois ce délai atteint, les concepts générés sont transmis au voisin qui peut à son tour retravailler ces nouveaux concepts et les affiner. Avec, pour conséquence que 108 concepts sont potentiellement élaborés en 30 min.

Cette méthode s'appuie avant tout sur un stress généré par le temps imparti, qui permet de stimuler plus efficacement le groupe. Elle rejoint l'objectif de quantité proposé par Litchfield, tout en maintenant la règle principale consistant à combiner les idées émises et à faire des combinaisons.

La méthode 6-3-5 a connu aussi une extension avec le « collaborative sketching », ou 5-1-4G (Shah, 1993), méthode dont le principe reste identique, avec cette variante que les participants doivent générer leurs idées à l'aide de représentations graphiques des concepts. Une fois le temps écoulé, ils passent leur représentation graphique au voisin, lequel, à son tour, va chercher à la modifier pour l'améliorer.

Le principe de cette méthode est illustré par la figure 48.

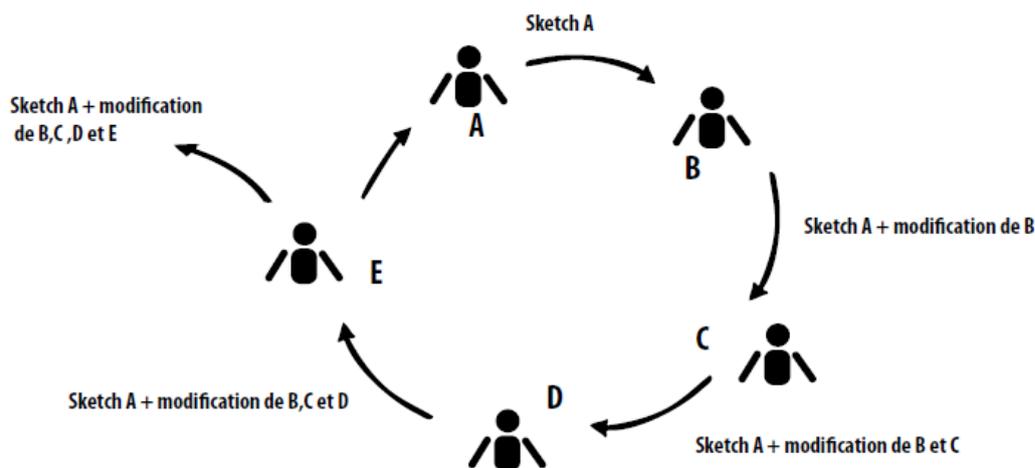


Figure 48 Principe du C-Sketch (Shah, 1993)

➤ **SCAMPERR**

La méthode SCAMPERR est une méthode élaborée par Elberle (Elberle, 1995) consistant en l'introduction de différents mécanismes de stimulation visant à déstructurer le problème initial posé et aider le concepteur à générer de nouveaux concepts.

Les mécanismes ainsi proposés correspondent chacun à une lettre de l'intitulé de la méthode, à savoir : *Substitute, Combine, Adapt, Modify, Put to other uses, Eliminate, and Rearrange/Reverse*.

Cette méthode présente l'avantage de proposer une technique simple et efficace facilement adoptable et utilisable par les concepteurs.

Néanmoins, comme le souligne Yilmaz, cette technique se limite à un rappel mnémotechnique des mécanismes permettant de déstructurer un problème ; elle ne propose aucune aide permettant de guider le concepteur quant à l'application de ces mécanismes sur le problème identifié (Yilmaz et Seifert, 2010).

➤ **La matrice de découverte**

La matrice de découverte est une technique proposée par Abraham Moles. Elle propose de stimuler la génération d'idées d'un groupe de concepteurs en forçant la mise en place de relations entre deux ensembles de variables du problème. Pour cela, il propose de mettre en place une matrice comprenant en ordonnée, l'ensemble des éléments d'un premier ensemble, et en abscisse, les éléments d'un deuxième ensemble (figure 49).

Cette technique apparaît donc extrêmement simple d'utilisation, et, bien que limitant l'approche à un mécanisme de stimulation (la mise en relation d'éléments), elle propose une démarche qui présente l'avantage d'être potentiellement contextualisable à la problématique traitée.

Univers A \ Univers B	Variable A1	Variable A2	Variable A3	Variable A4
Variable B1				
Variable B2			Idées issues du croisement entre les variables A3 et B2	
Variable B3				
Variable B4				

Figure 49 Exemple Matrice de découverte

➤ **La méthode synectique**

La méthode synectique est une démarche proposée par Gordon (Gordon, 1961) qui reprend le principe des analogies.

Cette méthode vise à rapprocher, et à mettre en parallèle, deux univers a priori totalement distincts. La démarche analogique consiste à s'éloigner du problème de départ et à le transposer dans un nouveau champ, avant de retraduire les solutions trouvées dans le champ du problème initial (Sol, 1974).

Cette méthode propose ainsi trois types d'analogie :

- (1) L'analogie directe qui consiste à transposer le problème sur un objet semblable ;
- (2) L'analogie symbolique, qui, comme son nom l'indique, représente le produit sous forme symbolique ;
- (3) L'analogie personnelle, qui fait que le concepteur cherche à s'identifier personnellement au problème, les diverses caractéristiques du problème étant alors prises en compte « de l'intérieur ».

La méthode synectique dépend fortement de la capacité du concepteur à forcer ces analogies. Elle ne paraît donc pas être, de premier abord, une méthode simple et nécessite, pour une bonne utilisation, un animateur ou un groupe expérimenté, afin de bien conduire la séance.

➤ **L'analyse morphologique**

L'analyse morphologique est une méthode formalisée par le chercheur Zwicky. Cette méthode a pour premier objectif d'étudier les systèmes complexes et multidimensionnels. L'apport de Zwicky dans cette analyse vient de ce que le système étudié peut être un objet physique (une anatomie, une organisation, un produit,...), ou encore un objet mental (concepts, idées, ...) (Aloui, 2007).

Cette méthode a pour principe de décomposer un système en diverses composantes (par exemple, une composante économique, démographique, sociale, technique dans le cas d'une approche systémique et qui peut également être une composante utilisateur, énergétique, matières premières, dans le cas de l'étude d'un produit ...) en considérant toutes les variations possibles de ces composantes (figure 50). Cette analyse consiste donc, ensuite, à combiner ces différentes composantes suivant de multiples variations, et envisager ainsi de nouveaux scénarii.

L'analyse morphologique, selon le schéma ci-dessous, vise ainsi à explorer l'ensemble des possibilités et des scénarii envisageables, à l'aide des multiples composants et variables. Ces scénarii se feront à partir de combinaisons associant une variable de chaque composante. Cette méthode présente l'intérêt de permettre d'avoir une vision globale du système, et de ses multiples composantes et variables ainsi que d'envisager des scénarii innovants. Néanmoins, la décomposition peut être fastidieuse et compliquée à mettre en œuvre.

Composantes	Variations possibles					
C ₁	C ₁ V ₁	C ₁ V ₂	C ₁ V ₃	...	C ₁ V _{n-1}	C ₁ V _n
C ₂	C ₂ V ₁	C ₂ V ₂	C ₂ V ₃	...	C ₂ V _{n-1}	C ₂ V _n
...
C _{n-1}	C _{n-1} V ₁	C _{n-1} V ₂	C _{n-1} V ₃	...	C _{n-1} V _{n-1}	C _{n-1} V _n
C _n	C _n V ₁	C _n V ₂	C _n V ₃	...	C _n V _{n-1}	C _n V _n

Figure 50 Principes de l'analyse morphologique

➤ **La méthode TRIZ²²**

Dans le chapitre précédent, nous avons déjà pu mettre en évidence les outils d'éco-innovation adaptés de TRIZ. TRIZ, en russe « Teorija Rezhenija Izobretatel'stich Zadach » (traduit par « Théorie de Résolution de Problèmes d'Innovation » ou parfois par « Théorie de Résolution des Problèmes Inventifs »), est une méthode qui a été développée par Guenrich Altshuller en 1946 (Altshuller, 1999).

Cette méthode a pour finalité de systématiser, voire de maîtriser, le processus de créativité et la recherche de solutions. La créativité est ici abordée comme « une science exacte » et se pose donc en alternative aux méthodes de créativité « aléatoires », de type brainstorming. TRIZ se fonde sur plusieurs travaux portant, notamment, sur plusieurs analyses et étude: analyse de brevets, étude du comportement psychologique des inventeurs, analyse de la littérature scientifique, analyse des méthodes de résolution de problème.

La méthode TRIZ s'appuie, dès lors sur une capitalisation de connaissances et, avant tout, sur une remise en forme de ces connaissances, pour les rendre utilisables (Choulier, 2002). Au terme de ses travaux, Altshuller va notamment constater que la majorité des inventions, dans un domaine défini reprend les principes des inventions d'un domaine distinct. Le processus de résolution de problème de TRIZ s'inspire de ce constat (figure 51).

Au lieu de chercher directement une solution spécifique à un problème donné, TRIZ propose dans un premier temps de transformer le problème spécifique que l'on cherche à résoudre en un problème standard. Puis, à l'aide des outils de TRIZ, le concepteur est appelé à trouver une solution standard à ce problème standard. Enfin, la dernière étape consiste à adapter cette solution standard au problème initial.

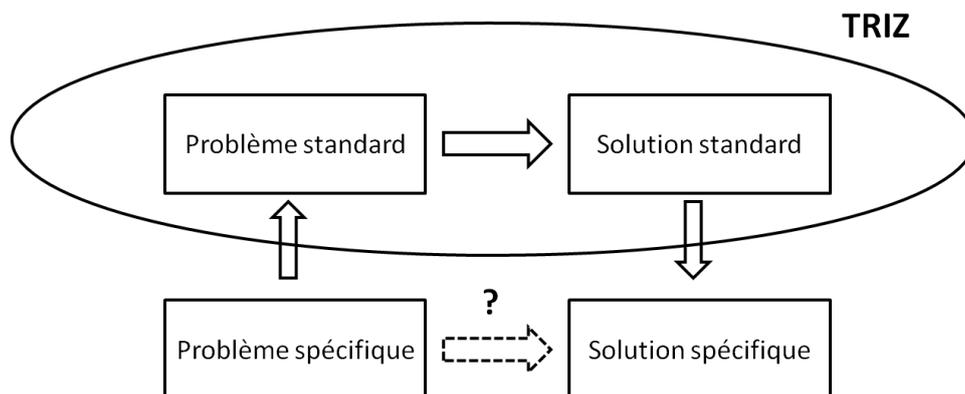


Figure 51 Processus de résolution de problème de TRIZ

Plusieurs concepts clés sont associés à la méthode TRIZ ; Boldrini en recense 5. (Boldrini, 2005):

(1) Le concept d'idéalité et en particulier du Résultat Idéal Final

Ce concept stipule qu'un système idéal est un système qui accomplit sa fonction sans utiliser de ressources. Ce concept pousse donc l'utilisateur « aux limites », et facilite, notamment, la mise en place du problème, ainsi que l'identification de l'objectif (Choulier, 2002).

(2) Le concept de contradiction

Avec la méthode TRIZ, tout problème doit être formulé sous forme de contradiction entre deux paramètres d'un système. Or, en règle générale, la résolution de problème passe par l'élaboration d'un compromis entre deux propriétés, qui paraissent contradictoires (vitesse/poids, rigidité/masse...). Au contraire, TRIZ propose de dépasser ce compromis, en résolvant cette contradiction.

(3) Le concept de ressources

TRIZ instaure le concept de ressources, défini comme un élément disponible dans le système ou dans son environnement, généralement inactif, et capable de produire une action utile sans coût, ou à moindre coût (Cortes Robles, 2006), l'objectif étant d'optimiser l'utilisation de ces ressources.

²² Ce paragraphe est une synthèse entre plusieurs sources. Pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer entre autres aux travaux de Choulier (Choulier, 2000), Bertolucci (Bertolucci, 2001), Boldrini (Boldrini, 2005) et Cortes Robles (Cortes Robles, 2006).

Ces ressources peuvent être des substances (les déchets, les matières premières,...), de l'énergie (l'énergie embarquée dans le système ou venant de l'extérieur, ...) mais également peuvent porter sur des systèmes d'information, ou concerner l'espace (dimension de l'espace, vide), le temps, ou encore les fonctions du système (utilisation d'un effet néfaste, utilisation des fonctions secondaires...).

(4) Le concept de lois d'évolution

G. Altshuller a formulé huit lois d'évolution, lesquelles modélisent les évolutions des systèmes techniques. Ces lois permettent ainsi d'aider les utilisateurs à imaginer l'évolution du système qu'ils étudient.

(5) Le concept d'inertie psychologique

Ce concept stipule qu'il est fréquent que les concepteurs émettent des idées préconçues et restent figés dans leur domaine de compétence.

La méthode TRIZ correspond de façon pratique à un ensemble d'outils, que l'on peut classer en deux catégories :

- Une première catégorie, qui regroupe les outils de « débloqué psychologique » : ce sont des outils qui permettent de dépasser ces fixations psychologiques, permettant ainsi aux concepteurs d'aborder, dans leur approche, un nouvel angle de vue. Parmi ces outils, nous trouvons notamment l'outil « 9 écrans », qui propose aux utilisateurs d'observer le système étudié sur un axe temporel (passé/présent/futur), ainsi que sur les différents niveaux systémiques (sous système/système/super système).

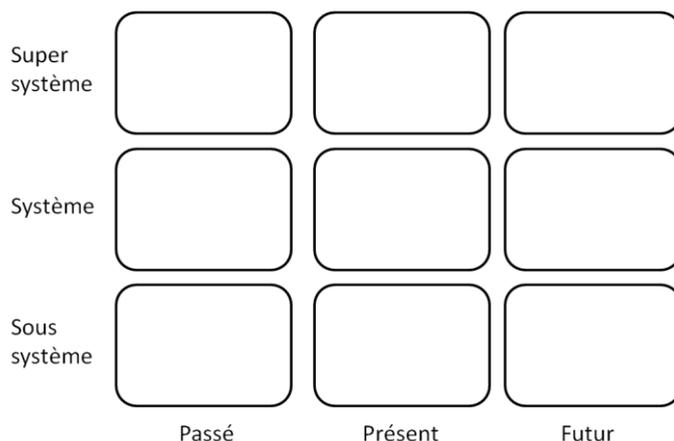


Figure 52 Les 9 écrans de TRIZ

- Une deuxième catégorie concerne les outils de résolution de problèmes. Parmi ces outils, ceux utilisés le plus fréquemment sont :
 - o Les contradictions techniques ;
 - o La matrice de contradiction.

Pour résoudre un problème, nous avons déjà souligné que TRIZ demande aux utilisateurs de dépasser les contradictions techniques présentes dans un système étudié. Pour cela, la méthode propose de modéliser cette contradiction à l'aide de 39 paramètres génériques, en choisissant un paramètre à améliorer et un paramètre à ne pas dégrader. Une fois le problème de contradiction modélisé à l'aide de ces paramètres, la matrice de contradiction vient associer des principes inventifs, qui peuvent permettre de résoudre cette contradiction (figure 53).

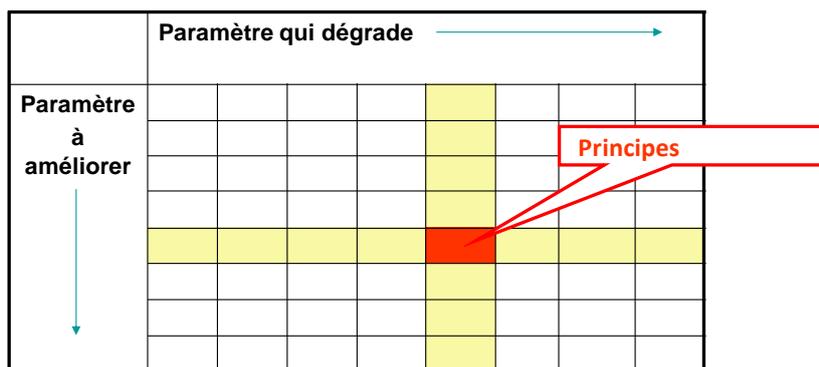


Figure 53 Principe de la matrice de contradiction

o **Les contradictions physiques**

Les contradictions peuvent aussi se présenter sous forme de « contradictions physiques ». Une contradiction physique met en œuvre deux propriétés qui semblent totalement opposées.

Pour surmonter cette contradiction, TRIZ propose un outil plus généraliste, sous la forme de 4 « principes de séparation ».

Ces 4 principes, destinés à résoudre ces contradictions, sont:

- Séparation dans le temps;
- Séparation dans l'espace;
- Changement de phase (c'est-à-dire changement de propriété physique des matériaux) ;
- Changement de niveau systémique.

Ces outils ne correspondent néanmoins qu'à une infime fraction de TRIZ.

En guise de conclusion, la méthode TRIZ peut, selon Choulier, être abordée de 3 manières différentes (Choulier, 2002) :

- L'utilisateur peut (en effet) aborder TRIZ comme une « boîte à outils », pour résoudre des problèmes, et ainsi, il peut « piocher » ce dont il a ponctuellement besoin ;
- TRIZ peut également être utilisée de façon plus ordonnée et séquentielle, avec une suite logique dans l'utilisation des différents outils, se rapprochant donc d'une méthode. C'est notamment le cas de l'algorithme ARIZ qui structure la démarche à l'aide des outils de TRIZ ;
- Enfin, TRIZ peut être avant tout considéré comme une nouvelle façon de penser, et d'aborder un problème.

3.3. LES APPROCHES SIT (STRUCTURED INVENTIVE THINKING) ET ASIT (ADVANCED SYSTEMATIC INVENTIVE THINKING)

L'outil ASIT (Advanced Systematic Inventive Thinking) a été imaginé par Roni Horowitz, à partir de travaux datant du début des années 1990 et qui visaient à simplifier la pratique de la méthode TRIZ. L'outil ASIT est une déclinaison de la méthode SIT (Structured Inventive Thinking) développée dans le cadre de la thèse (Horowitz, 1999).

Cette méthode était, à l'origine, destinée à répondre à des problèmes de re-conception de systèmes, et sur lesquels apparaît un effet indésirable.

Cette méthode de « résolution de problème » s'appuie sur un postulat qui considère que les idées les plus innovantes restent toujours très proches du problème initial. Elle propose une approche structurée de résolution innovante de problème. Horowitz montre dans ses travaux que les solutions qui répondent à deux conditions suffisantes sont innovantes. En effet, en s'intéressant à différentes solutions, il a remarqué que le « monde de la solution » n'introduit pas de nouveau type d'objet par rapport au « monde du problème » : les solutions créatives étant très proches dans leur « généalogie » des solutions conventionnelles.

Ceci constitue la première condition de la méthode ASIT, nommée condition du « Monde Clos », et correspondant à la notion d'idéalité de TRIZ. La deuxième condition, celle du « changement

qualitatif », peut s'expliquer par l'utilisation, ou l'annulation, de la cause du problème. Le fait de poser cette dernière condition permet de « casser » les contradictions, les mêmes contradictions que l'on essaie de résoudre dans TRIZ.

Ces deux conditions, qui constituent la base de la méthode ASIT, sont accompagnées de cinq outils (unification, division, multiplication, suppression, casser la symétrie) visant à apporter une aide à l'identification des opportunités cachées à l'intérieur du Monde Clos (Horowitz, 1999).

En conséquence, au lieu de sortir « *out of the box* » comme la créativité le laisse supposer, SIT cherche plutôt à penser « *inside the box* », en conditionnant la recherche de solutions dans le monde du problème. Pour cela, l'outil propose les deux conditions citées précédemment qui conditionnent la recherche de solutions :

- celle du monde clos, (notée CW pour *closed world*), qui considère que « le monde de la solution » n'introduit pas de nouveau type d'objet par rapport au « monde du problème » ;
- celle du changement qualitatif, (notée QC pour *qualitative change*), qui supprime le conflit entre la cause du problème et son effet, ou encore, la surpasse (Maimon et Horowitz, 1999).

Ces conditions permettent ainsi de reformuler le problème. Les recherches effectuées montrent alors que lorsque ces deux critères sont suivis, les solutions sont plus innovantes (Maimon et Horowitz, 1999).

A la suite de l'étude des solutions innovantes respectant ces 2 conditions, Horowitz remarque que la modification effectuée sur les systèmes initiaux pour aboutir à ces solutions innovantes se résume à 5 opérateurs ou « *idea provoking operators* », qui permettent de générer des phrases simples, ils peuvent être utilisés lors d'une séance en groupe pour provoquer des idées.

Ainsi, la démarche SIT, reprise dans ASIT, se résume dans la figure 54 et consiste en :

- Une formulation du problème, à l'aide de la condition du monde clos et de la condition du changement qualitatif. Cette étape consiste en la formulation d'objets du « monde du problème » : ce sont des objets qui provoquent le problème (objets dit « directs »), ou qui sont dans l'environnement du problème (objets dit « indirects ») ; puis en la formulation du problème.
- Une phase de génération d'idées à l'aide de 2 stratégies : *Extension / restructuration*.
 - La stratégie d'extension cherche à résoudre le problème en assignant un nouvel usage à un objet existant (opérateur unification), ou à un objet de même type (opérateur multiplication) ;
 - La stratégie de restructuration cherche à résoudre le problème en enlevant un objet du système (opérateur suppression) : en divisant un objet et en réorganisant ses parties (opérateur division), ou encore, en transformant une situation symétrique en situation asymétrique (opérateur casser la symétrie) dans le temps ou dans l'espace.

Durant cette phase, le groupe est stimulé par l'utilisation de phrases construites autour des opérateurs et des objets décrits préalablement.

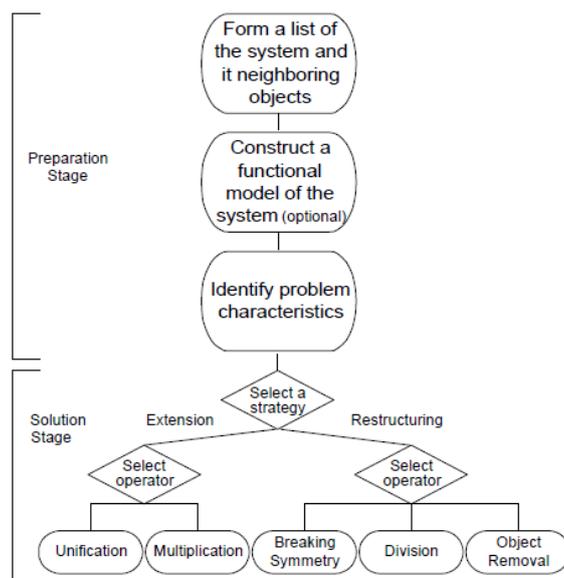


Figure 54 Processus SIT (Horowitz, 1999)

Par la suite, une série d’articles d’Horowitz ont permis de formaliser l’outil ASIT de façon extrêmement simple (Horowitz, 2001a ; Horowitz, 2001b).

Il y expose notamment la filiation entre la méthode TRIZ et l’outil ASIT (tableau 25). Ainsi, la condition du monde clos, qui considère que le monde de la solution n’introduit pas de nouveaux objets vis-à-vis du monde du problème, correspond au principe d’idéalité de TRIZ, lequel souligne qu’un système idéal n’introduit aucune ressource extérieure. De même, la condition de changement qualitatif de l’outil ASIT correspond au principe de surpasser les contradictions de TRIZ. Horowitz fait ainsi la proposition de condenser les 40 principes de TRIZ en 5 outils, ou opérateurs dans ASIT.

TRIZ	ASIT
Principe d’idéalité	Condition du monde clos
Surmonter les contradictions	Changement qualitatif
40 principes	5 outils

Tableau 25 Origine de ASIT vis-à-vis de TRIZ

Des études empiriques ont permis de montrer que la méthodologie SIT permet d’améliorer le taux de résolution de problème (Horowitz, 1999), si bien que l’on peut considérer que l’outil résultant, ASIT est validé académiquement (Reich et al., 2010).

3.3.1. SYNTHÈSE ET CHOIX DE L’OUTIL ASIT

Comme le montre Thiebaud la majorité de ces outils a été très peu étudiée (Thiebaud, 2003). Ce paragraphe ne se veut donc pas exhaustif. Nous avons choisi de poser les principaux outils de créativité sous deux angles qui nous ont paru essentiels, et ce, dans une approche comparative, à partir du questionnaire suivant : quels sont les principes de stimulation proposés ?

Le tableau 26 ci-dessous résume les principales informations sur les outils de créativité qui ont été présentés. Et pour ce faire, nous avons rappelé le principe de stimulation de ces outils.

	Principe de stimulation
Brainstorming	4 règles à respecter durant la session : (1) Générer un maximum d'idées (2) Ne pas critiquer les idées générées (3) Chercher à faire des combinaisons avec les idées précédemment générées (4) Encourager les idées « extrême »
Méthode 6-3-5	Générer des idées en respectant une contrainte de temps et de quantité : 3 idées toutes les 5 minutes
C-Sketch	Générer des idées en respectant une contrainte de temps et de quantité, et de format (dessin) Recherche de combinaison entre les idées générées
TRIZ	Pour les outils de résolution de problème: Générer des idées à l'aide de principes inventifs ou principes de séparations
SCAMPERR	Générer des idées à l'aide de 7 mécanismes permettant de déstructurer le problème
Synectique	Générer des idées par analogie
Matrice de découverte	Générer des idées à l'aide d'association de champs lexicaux
Analyse morphologique	Générer des idées par exploration de scénario
SIT - ASIT	Générer des idées à l'aide du principe du « monde clos » et en utilisant 5 outils de stimulations

Tableau 26 Récapitulatif des outils de créativité

A travers cette étude, nous remarquons qu'il est intéressant de travailler sur un outil proposant des principes forts de stimulation, tout en restant simple d'utilisation et de compréhension limitant le rôle de l'animateur.

Ainsi, à l'instar d'autres travaux (O'Hare, 2010), nous avons cherché à identifier un outil de créativité déjà existant, répondant à cette analyse, pour le tester dans un processus d'éco-innovation. L'avantage d'adapter un tel outil est de permettre de capitaliser sur les performances existantes de cet outil, et ainsi de tirer parti de la confiance qu'ont les utilisateurs de cet outil et de ses capacités (Lindahl, 2005).

Dans cette optique, nous avons fait l'hypothèse qu'ASIT pouvait être un outil pertinent comme outil d'aide à la créativité en éco-innovation, et le lecteur trouvera ci-après les principales justifications.

La méthode ASIT (comme la méthode TRIZ), remet en effet en cause le mythe s'appuyant sur la formule : « la quantité mène à la qualité », suivant lequel « plus on a d'idées à considérer, plus on augmente nos chances de découvrir de nouvelles choses » (Grossman et al., 1988) ; avec pour effet qu'on ne s'appuie donc pas sur la pensée latérale ou divergente, ou sur une réflexion hors du cadre.

Pour contourner les « fixations », l'inertie psychologique, ASIT propose justement un « nouveau cadre au lieu de nous dire de penser en dehors d'un cadre » (Horowitz, 2004).

L'un des points forts de ces méthodes ASIT et TRIZ est de fixer des directives quant à la qualité des solutions trouvées : dans TRIZ, ce cadre est délimité par une modélisation particulière du problème; dans ASIT, la condition du Monde Clos selon laquelle « il ne faut pas ajouter d'objet d'un nouveau type » fixe l'idée d'un monde de la solution utilisant les mêmes composants que le monde du problème.

Puisque les solutions créatives sont très proches dans leur « généalogie » des solutions conventionnelles, il est nécessaire de rester proche du centre de la spirale qui représente les solutions existantes. Ainsi, la méthode ASIT permet de traiter un grand nombre de problèmes, et se révèle peu coûteuse en temps, car son usage est très simple par rapport à TRIZ.

L'outil ASIT paraît pour cela, extrêmement pertinent, car issu d'une grande simplification de TRIZ., méthode qui présente en effet l'inconvénient d'être relativement complexe, « lourde » et « chronovore » dans son utilisation (Cortes Robles, 2006). La méthode TRIZ est efficace, mais sous

certaines conditions, dans un périmètre restreint de résolution de problèmes bien identifiés, et à caractère technique.

La méthode ASIT se présente ainsi comme un micro-outil (Weite et al., 2006), ou *tiny tool* (Jones, 2001) facile à apprendre et à utiliser, tout en étant simple et autonome, permettant ainsi d'être rapidement implémentable et évolutif tout au long du processus de conception.

C'est pourquoi nous avons fait l'hypothèse que l'adaptation de la méthode ASIT pouvait se révéler efficiente dans un contexte industriel et notamment, lorsqu'il y a un besoin ponctuel de créativité en amont des processus d'éco-innovation, dont l'objectif est de trouver des solutions orientées vers le développement durable.

3.3.2. HISTORIQUE DES EXTENSIONS ASIT

L'outil ASIT en tant que résultat des recherches d'Horowitz a été suivi par une série de travaux proposant une extension de l'outil, ou une amélioration de celui-ci. Ainsi, ASIT a-t-il été adapté pour être utilisé dans un processus de conception de nouveaux produits (Horowitz, 2004). De même, l'outil ASIT a été revu dans les travaux de (Reich, 2010) à travers la théorie C-K (Hatchuel et Weil, 2009). Enfin, le concept d'« objet » a été repris, par ailleurs dans les travaux de (Takahara, 2009).

L'étude de ces extensions a eu pour objectif de mettre en valeur les possibilités de modifications de l'outil ASIT en vue d'une adaptation aux principes d'éco-innovation.

Avant de présenter nos propres contributions concernant l'adaptation d'ASIT, nous allons présenter ces évolutions dans les prochains paragraphes.

➤ A la suite de ses travaux sur ASIT, orientés sur les processus de résolution de problème, Horowitz a proposé une variante d'ASIT, orientée vers la conception et le développement de nouveaux concepts (Horowitz, 2004).

La grande différence entre la méthode ASIT orientée sur la résolution de problème (parfois appelée ASIT-R) et cette version d'ASIT (appelée ASIT-C) résulte de ce que cette dernière ne se base pas sur un problème initial, mais, uniquement, sur un produit référence, ou un concept.

Ainsi, à l'instar de l'outil ASIT, l'objectif est de créer un nouveau produit en s'appuyant sur des opérateurs. Horowitz a proposé ici au concepteur de se projeter sur un produit virtuel mis en place à l'aide de transformations sur un produit référence, transformations possibles à l'aide des opérateurs ASIT-C.

Différents opérateurs sont donc proposés et s'avèrent être légèrement différents des outils ASIT-R : l'opérateur Unification, Multiplication, Division, Casser la symétrie, Sacrifice et Parasite.

- L'opérateur *Unification* propose d'identifier des produits extérieurs qui peuvent être intégrés dans le produit de référence.

- L'opérateur *Multiplication* consiste à diviser le produit de référence en sous-ensembles. Puis l'outil propose d'intégrer dans le produit référence des objets proches d'un des sous-ensembles.

- L'opérateur *Division* propose de diviser le produit en différentes composantes, dans le but de les réorganiser.

- L'opérateur *Casser la symétrie* consiste à identifier les principales caractéristiques du produit de référence. Puis l'outil propose de faire varier ses caractéristiques dans le temps, l'espace, selon les utilisateurs.

- Les opérateurs *Sacrifice* et *Parasite* sont issus des outils Suppression de ASIT : L'outil *Sacrifice* consiste à supprimer une partie du produit, tandis que l'outil *Parasite* consiste à supprimer une composante du produit et imaginer comment un produit extérieur peut la remplacer.

Comme le montre Horowitz, cette adaptation de l'outil ASIT pour le développement de nouveaux concepts s'appuie sur une notion de « création de nouveau besoin ». Autant dans ASIT Résolution de problème, l'objectif est de résoudre un problème identifié réel, autant dans ASIT orienté Développement de nouveaux concepts, l'objectif est de provoquer des changements dans un produit, pour ensuite observer si ce changement permet de résoudre un problème ou répondre à un usage (Horowitz, 2004).

Ainsi, pour une première approche, cette extension nous paraît moins pertinente pour l'éco-innovation car elle ne permet pas de fixer clairement des objectifs de durabilité. Or nous considérons

que l'outil d'éco-innovation doit clairement définir en amont un objectif lié à des principes de développement durable, et non se contenter d'observer les conséquences du changement provoqué.

➤ Takahara a travaillé sur l'outil ASIT en reconsidérant la définition des « objets », et, par la suite, sur une proposition d'amélioration de l'outil ASIT (Takahara, 2009). Pour cela, il a cherché à affiner la notion d' « Objet » au sens d'ASIT, dans la perspective de développer de nouveaux outils.

Il a ainsi défini un objet ASIT en termes (1) d'*attribut*, qualifiant la qualité de l'objet qui peut être difficilement modifiable (par exemple la forme d'une bouteille d'eau), (2) d'*état*, qualifiant une qualité de l'objet facilement modifiable (par exemple la quantité d'eau dans une bouteille d'eau), (3) de *structure*, qualifiant la relation entre objets, et (4) de *fonction*, qualifiant la relation entre l'objet et le monde extérieur.

Par ses travaux, il a montré que pour atteindre une solution, il est possible de jouer sur ces différentes notions d'objet, telles la fonction, ou les attributs, ce qui lui a permis de formaliser 3 nouveaux outils ASIT :

- Suppression de fonction : L'objectif est de résoudre le problème en supprimant la fonction d'un objet existant.
- Substitution d'objet : L'objectif est donc de résoudre le problème en remplaçant ou substituant une partie existante de l'objet et en ajoutant un objet obtenu par multiplication.
- Changement uniforme d'attribut : L'objectif est donc de résoudre le problème en changeant les attributs uniformément.

➤ Plus récemment, une étude a été effectuée dans le but d'étudier l'outil ASIT sous l'angle de la théorie C-K (Reich et al, 2010). Les auteurs ont illustré leurs propos en expliquant le fonctionnement et les principes d'ASIT (conditions du monde clos, changement qualitatif, opérateurs) à travers les opérateurs de conception de la théorie C-K (figure 55). Cette étude a montré que l'outil ASIT ne prend pas en compte la notion d'expansion des connaissances, ni le caractère itératif entre la mise en place du problème et la recherche de solution. Ainsi, la théorie CK introduit de nouvelles perspectives dans l'évaluation de la conception créative (Reich et al., 2010).

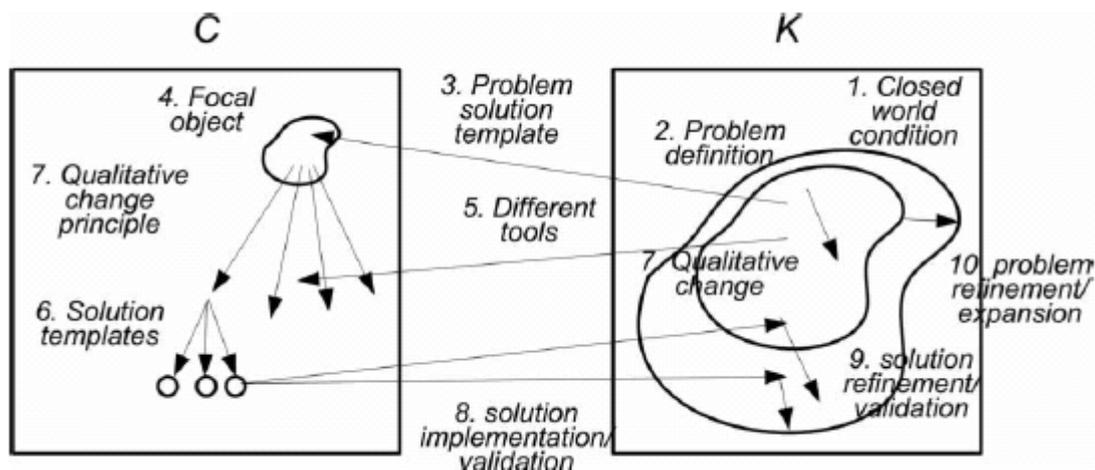


Figure 55 ASIT sous l'angle de la théorie C-K (Reich, et al., 2010)

Ces travaux proposent donc d'inclure cette notion d'expansion des connaissances dans une version améliorée d'ASIT, en considérant notamment une expansion incrémentale du monde clos permettant au fur et à mesure l'introduction d'objets supplémentaires. Ces travaux introduisent ainsi des degrés « proches du monde clos ».

Sa proposition consiste donc en une procédure générale en 4 étapes :

- **Etape 1** : Sélectionner un système et l'objectif désiré.

Le concept initial, C0, consiste donc en : « Il existe une transformation du système qui permet d'atteindre l'objectif désiré ».

- **Etape 2** : Construire un premier espace des connaissances K0 comprenant l'ensemble des objets et relations du système. Il s'agit ainsi du « monde clos ».

Construire une série de connaissances proches du système initial (K1, K2, K3, ...) qui seront étudiées de façon séquentielle. Il s'agit ainsi d'objet « proches du monde clos ».

- **Etape 3** : Suivre la procédure ASIT

Prendre un objet de l'espace des connaissances K0 et appliquer les outils ASIT, ou faire une partition de C0 à l'aide des objets de l'espace des connaissances K1.

- **Etape 4** : Si aucun des concepts générés n'est pertinent, introduire de nouveaux objets de l'espace K2 et répéter l'étape 3 et 4.

Cette amélioration d'ASIT proposée par (Reich et al, 2010) doit être plutôt perçue comme une étude permettant de généraliser l'outil ASIT à travers la théorie C-K. Par la notion d'expansion des connaissances, elle propose la notion d' « objets proches du monde clos », qui peuvent être intégrés au fur et à mesure de la recherche de solutions et permettre ainsi d'étendre les perspectives de solutions.

Ces deux dernières études (Takahara, 2009 ; Reich et al., 2010) conduisent à envisager de nouvelles évolutions de ASIT, en montrant qu'il est possible de manipuler les caractéristiques des « objets », des opérateurs ASIT, ou encore des principes du « monde clos » dans le but d'optimiser ses performances.

3.4. STRATEGIES D'ADAPTATION VERS UN OUTIL D'ECO INNOVATION

Dans le paragraphe précédent, nous avons justifié notre choix d'utiliser l'outil de créativité ASIT comme outil de référence parmi les approches existantes en vue d'une adaptation en un outil d'éco-innovation EcoASIT focalisé sur les phases de créativité.

Désormais, l'objectif est de déterminer des stratégies qui vont nous guider dans cette adaptation. Pour cela, nous avons articulé ces stratégies autour de 2 réflexions :

- La première réflexion est une étude de l'outil ASIT par rapport aux principes du développement durable. Par cette étude, nous souhaitons ici argumenter son intérêt pour l'éco-innovation, ainsi qu'apporter un éclairage sur ses limites. En cela, nous montrons les voies d'orientation vers un outil d'éco-innovation.

- La deuxième réflexion est issue d'un état de l'art sur les critères des performances d'un outil d'éco-innovation. Dans ces études, nous nous imposerons des contraintes, telles des lignes directrices qui vont nous permettre d'orienter le développement de l'outil vers un outil performant.

3.4.1. ASIT ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE

Dans les deux paragraphes précédents, nous avons proposé une description détaillée de l'outil ASIT, ainsi que des évolutions apportées dans la littérature.

Si la portée essentielle d'ASIT est de proposer une génération d'idées faciles à travers des systèmes de reconfiguration du système simple (Reich et al., 2011), il nous faut aussi remarquer qu'il propose une réflexion pertinente pour la thématique de l'éco-innovation. Nous énumérons ci-après les dispositions initiales de l'outil pour l'éco-innovation.

(1) ASIT est avant un outil de résolution de problème qui cherche à faire converger la réflexion, (au contraire d'outil d'aide à la divergence).

Cette approche « résolution de problème » nous paraît être, dans un premier temps, la plus appropriée à l'éco-innovation. En effet, en confrontant simplement les offres actuelles (produit et services) qui ne sont pas soutenables avec les problématiques de développement durable, nous engendrons des conflits et des problématiques à surpasser. En cela, les outils de résolution de problème semblent eux-mêmes les plus appropriés.

(2) L'une des conditions suffisantes pour l'obtention de solutions innovantes est celle du « monde clos » qui consiste à atteindre l'objectif désiré à l'aide des seuls objets déjà présents dans le monde du problème ou dans son milieu environnant. Contrairement à la vision des outils de créativité qui cherchent plutôt à sortir du cadre, cette condition paraît pertinente pour des problématiques d'éco-innovation, car elle fait référence à un monde de ressources finies et limitées, dans lequel doivent être conçus les systèmes sans addition de ressources supplémentaires (Turner, 2003).

De plus, afin d'illustrer la condition du Monde Clos, Maimon et Horowitz prennent le cas de la voiture électrique. Le problème de la pollution automobile traitée rigoureusement avec la condition du

monde clos empêcherait notamment l'utilisation de moteur électrique pour résoudre le problème, car il s'agit d'un élément extérieur au système (Maison et Horowitz, 1999). Dans une logique d'éco-innovation, cette approche est donc extrêmement exigeante. En effet, elle invite, au départ, à développer des solutions (dans un premier temps) avec les énergies disponibles dans le véhicule, ou à diminuer les énergies nécessaires pour faire fonctionner le véhicule, et non à chercher à réfléchir à une approche purement technique et immédiate de substitution d'énergie.

(3) Contrairement à l'outil TRIZ dont il est issu, ASIT est suffisamment flexible pour travailler sur une large palette d'offres, passant du produit pur à du service pur. Les « objets » ASIT peuvent en effet correspondre à des composants de produits, des fonctions, des lieux, ou encore des parties prenantes.

(4) En ce qui concerne les mécanismes de stimulation, ou opérateurs, d'ASIT, certains sont très pertinents avec la logique de développement durable. ASIT propose en effet des mécanismes de stimulation suffisamment larges pour pouvoir répondre à des problématiques systémiques, mais suffisamment précis pour proposer une aide véritable à la génération d'idées.

Par ailleurs, l'outil propose des mécanismes, tel que « Suppression » qui a pour but la suppression d'objet et ainsi chercher une forme de simplicité adéquate en éco-innovation. (Jorgen Hanssen, 1994) pose ainsi comme stratégie de réduction d'impact environnemental la réduction ou la substitution du système ou de l'un de ses composants.

(5) Enfin, les problématiques d'éco-innovation doivent se situer en amont de projet, aux phases conceptuelles du processus de conception. Or ASIT se présente comme un outil offrant un compromis réel entre des mécanismes de stimulation efficaces et précis, et un niveau systémique élevé des problèmes. L'une des caractéristiques des problèmes déclinés dans les phases amont de processus est que leur phase de définition n'est pas statique, et évolue avec les interactions entre le problème et la solution (Mulet et al., 2008).

Cette caractéristique nécessite donc un outil flexible et rapide d'utilisation afin de favoriser cette itération.

3.4.2. LIMITES D'ASIT POUR L'ECO-INNOVATION EN VUE D'UNE ADAPTATION EN OUTIL ECOASIT

L'outil ASIT a été modifié en fonction de certaines insuffisances ne répondant pas aux problématiques spécifiques à l'éco-innovation. Nous identifierons ces insuffisances en les rapportant à la phase de génération d'idées, puis à celle de génération d'idées d'ASIT.

○ *Phase de préparation*

L'éco-innovation nécessite une bonne identification et une formulation initiale du problème. Elle demande notamment de placer les problèmes à des niveaux systémiques élevés. Or Horowitz propose dans la méthodologie SIT de décomposer le système en problèmes élémentaires, en « micro-problèmes ». Pour cela, la méthode SIT se situe à un « micro-level » de produit (Horowitz, 1999). Ce « micro-level » vient notamment de la taille des objets qui sont manipulés lors de la phase créative.

Ainsi, même si la nature de ces objets est relativement multiforme et ouverte dans ASIT, car il est possible d'utiliser des objets physiques, de type acteur humain ou encore organisation, il importe de retravailler la formulation du problème, notamment en adaptant la taille des objets du « monde du problème », afin d'encourager les utilisateurs à travailler sur des niveaux systémiques élevés.

De plus, il a été souligné précédemment le besoin d'orienter la réflexion vers des approches cycle de vie, mais aussi sociales, et comportementales. Or si ASIT ne bloque pas ces approches, cet outil ne l'encourage pas. Il est donc nécessaire d'encourager les utilisateurs à porter leurs réflexions créatives sur l'ensemble des piliers du développement durable qui sont autant de points d'entrée en éco-innovation.

○ *Génération d'idées*

Les mécanismes de stimulation d'ASIT sont basés sur une combinaison entre les « phases » issues des opérateurs ASIT et les objets décrits à l'aide de la condition du « monde clos ». Ces mécanismes permettent ainsi de générer des solutions innovantes.

ASIT encourage à résoudre le problème en utilisant ces objets dans l'état dans lequel ils interviennent au moment du problème. A titre d'exemple, l'outil « Unification » cherche un nouvel usage à un objet existant. Or, selon nous, la démarche d'éco-innovation nécessite d'introduire la notion de cycle de vie de ces objets et donc une approche temporelle qui favorise la construction de nouveaux scénarii et la génération de nouveaux concepts.

Cette approche implique de travailler sur l'interdépendance entre les différentes étapes du cycle de vie et sur de nouvelles combinaisons entre les différents « états » de ces objets. De plus, l'analyse des exemples d'éco-innovation (l'écologie industrielle, la notion de Système Produit-Service...) montre que de nombreuses solutions proviennent de relations entre les objets du problème et ceux de l'environnement (au sens d'ASIT).

En effet, les relations entre les différents objets du problème (produit, environnement, utilisateur...) ont pour conséquence des modifications sur l'environnement et la société d'où l'importance qu'il y a à concevoir ces relations. Or une étude des opérateurs d'ASIT ne permet pas de mettre en valeur ces re-combinaisons, ce qui va nous conduire à la mise en place d'un mécanisme supplémentaire pour favoriser cette logique.

3.4.3. MISE EN PLACE D'UNE CONTRAINTE DE DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL

Comme nous l'avons vu préalablement, nous avons basé l'adaptation de l'outil sur une analyse d'ASIT dans un contexte de développement durable.

Désormais, nous allons définir un ensemble de critères de performance qui vont être des contraintes de développement de l'outil EcoASIT. Ces critères, issus de la littérature, répondent à la volonté de mettre en place un outil qui sera utilisé durablement par les entreprises afin de porter des valeurs de responsabilité environnementale au sein de la démarche de conception de l'entreprise.

En effet, Norell a notamment modélisé le taux d'utilisation des outils de conception en fonction du temps (Norell, 1993). Il montre ainsi clairement, au départ, une forte utilisation des outils de conception dû à un effet de nouveauté et/ou d'apprentissage, puis, ensuite, une baisse d'utilisation de l'outil (figure 56).

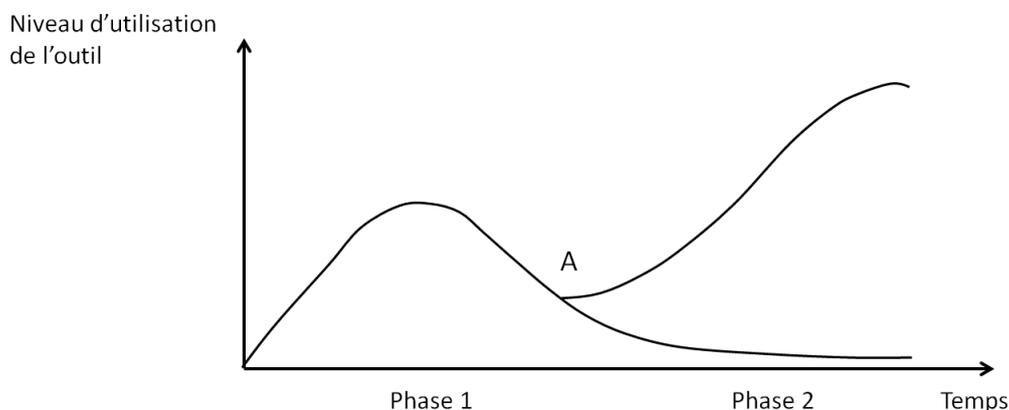


Figure 56 Modèle d'utilisation des outils en fonction du temps

Afin d'éviter cette baisse du taux d'utilisation, il est donc nécessaire que l'outil réponde à un ensemble de critères clés.

Enfin, notons que ces critères nous ont permis par la suite de développer un questionnaire permettant de recueillir les impressions des utilisateurs sur l'outil après les tests expérimentaux (cf. & 3.5.3.4).

Nous avons donc entrepris d'effectuer une analyse bibliographique dans la littérature spécifique à la conception et dans la littérature spécifique aux « Design For Environment », pour identifier ces critères de performance décrits dans les paragraphes suivants (3.4.3.1 à 3.4.3.11).

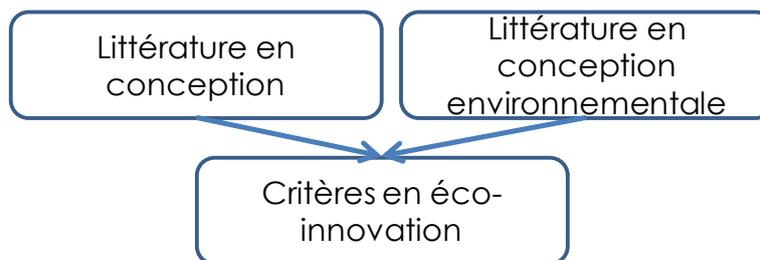


Figure 57 Principe de la démarche

3.4.3.1. Un outil d'éco-innovation doit favoriser la collaboration

Une séance de créativité est avant tout un travail de groupe. Tout processus de conception innovante nécessite la mise en œuvre d'un groupe projet. Cela permet d'être naturellement plus créatif grâce aux nouvelles associations d'idée permises, et de créer une stimulation commune dans le groupe (Molineux, 2007).

Santanen a ainsi montré que l'attention apportée aux idées générées par autrui, en conflit lors de la session, aux styles opposés, tout cet ensemble améliore la créativité (Santanen, 2004).

Le travail en collaboration est donc primordial pour une session efficace en créativité (Cook et al., 2005).

Cette nécessité de travail en groupe implique: des supports de collaboration (Resnick et al., 2005), et l'instauration d'un langage commun (Knight et Jenkins, 2009).

Le langage commun permet en effet à l'ensemble du groupe de se comprendre et de travailler sur un pied d'égalité, sans sentiment de frustration, de même qu'il permet de rendre accessible l'outil d'expert à des novices du domaine, et de les faire travailler ensemble, vers un même objectif (Resnick et al., 2005).

Plus spécifiquement, la session d'éco-innovation doit chercher à instaurer un langage sur des thématiques environnementales. Celle-ci peut alors devenir une opportunité de partage d'une même vision, sans faire disparaître pour autant la contrainte pouvant résulter de la multitude d'interprétations possibles. Rocchi explique notamment qu'un des freins lors des workshops organisés en éco-innovation venait du temps passé à déterminer une vision commune. (Rocchi, 2005). Aussi est-il important de repenser l'environnement de façon simple, logique et compréhensible par tous.

Outre le langage commun, l'outil doit proposer de vrais supports de collaboration permettant de donner à chacun sa part de contribution, en utilisant également ses propres talents (Resnick et al., 2005). Enfin, la structure-même de l'outil ne doit pas être trop contraignante, mais plutôt, être ouverte à l'interprétation.

3.4.3.2. Un outil d'éco-innovation doit être simple d'utilisation et rapide dans sa mise en œuvre

L'éco-innovation est à l'interface de deux domaines, la conception environnementale et l'innovation, qui ont, chacune, vu se développer des outils réputés complexes, freinant ainsi leur diffusion dans les entreprises. D'un côté l'Analyse de Cycle de Vie est peu applicable dans les entreprises, et de l'autre côté, TRIZ est souvent jugé trop complexe (Boldorini, 2005).

Or un outil ne peut être utilisé que si les utilisateurs ont le sentiment qu'il peut faciliter leur travail (Lindahl, 2005). Il est donc important d'avoir un outil facile d'utilisation, afin de se diriger rapidement vers ses points forts et, pour ce qui concerne l'outil de créativité, d'entrer rapidement en génération d'idées. Le travail d'exploration et de mise en place du problème doit, par conséquent être fait de façon rapide (Cook et al., 2005). Cette nécessité s'explique notamment par le fait que les capacités cognitives et physiques de l'individu diminuent avec le temps (Briggs, 2007). Ainsi, passer trop de temps et d'effort pour préparer une session, et mettre en place un processus, ne font que faire passer à côté de génération d'idées, par fatigue intellectuelle.

De plus, Lindahl affirme que la méthode, ou l'outil, sont parfois inutilement compliqués, si bien que l'on peut voir l'attention du groupe s'orienter sur la méthode elle-même et non sur son résultat. (Lindahl, 2005). Dans l'une de ses études, Stempfle montre, à titre d'exemple, qu'un tiers du temps est consacré au processus de l'outil, et donc que ce temps doit être optimisé (Stempfle, 2002).

Cette facilité d'usage peut notamment se mesurer par la nécessité d'appeler un expert, ou une personne externe à l'entreprise. (Knight et Jenkins, 2009).

3.4.3.3. Un outil d'éco-innovation doit présenter des bénéfices évidents et clarifier les différents objectifs au cours de son process

Il existe selon Baumann plus de 150 outils dans la thématique du Design For Environment (Baumann, 2002). Certains concepteurs se plaignent du trop grand nombre d'outils, car il devient compliqué de choisir les plus adaptés. Resnick explique que la question de l'évaluation de la performance d'un outil est, en cela, importante (Resnick, 2005).

L'outil doit pouvoir clairement permettre d'identifier les bénéfices résultant de son emploi, avec ses forces et ses faiblesses (Hewett, 2005), et également présenter, les données nécessaires pour son utilisation et les résultats potentiels qu'il peut apporter, tout cela amenant à identifier rapidement l'outil le plus efficace pour une situation donnée.

L'outil doit aussi clarifier rapidement les bénéfices de son emploi, en comparaison avec l'effort demandé, afin qu'il soit perçu comme utile lors du processus de conception (Knight et Jenkins, 2009). Dans un processus de conception qui fait intervenir de multiples outils, il est nécessaire de bien comprendre ce que peuvent apporter les méthodes de créativité dans la résolution des problèmes (Vidal, 2007).

Au cours de la session, l'objectif doit être clairement défini pour tous les participants afin de ne pas créer une session à plusieurs vitesses, et ralentir ainsi la génération d'idées (Beckhaus, 2006).

3.4.3.4. Un outil d'éco-innovation doit permettre l'exploration du champ de conception

L'exploration est la capacité de l'outil à explorer de nouvelles alternatives. Il s'agit donc d'un critère en conception créative, qui se définit comme étant l'exploration de nouveaux espaces de recherche (Stal et George, 1996 ; Resnick et al., 2005 ; Chakrabarti, 2009).

Cette capacité d'exploration permet la production de multiples problèmes, idées, alternatives et solutions (Vidal, 2007).

L'exploration de l'espace de recherche se fait en éco-innovation en deux temps. Dans un premier temps, l'outil doit permettre d'explorer le cycle de vie du produit, afin de ne pas se focaliser sur une phase particulière et d'envisager ses répercussions sur tout le cycle (Sherwin, 2000). Dans un deuxième temps, l'outil doit aussi pouvoir appréhender l'ensemble des niveaux systémiques du produit, en se focalisant sur un système, tout en conservant, si nécessaire, la possibilité de se recentrer sur le produit ou ses composants (O'Hare, 2010).

3.4.3.5. Un outil d'éco-innovation doit inspirer confiance

Un outil de conception n'est utile que si les utilisateurs ont confiance dans la performance de celui-ci, ainsi que sur ses capacités (Lindahl, 2005). La part psychologique dans les processus de créativité est importante.

Ainsi, l'outil doit permettre aux utilisateurs de se sentir, eux-mêmes, créatifs, afin qu'ils le soient effectivement (Beckhaus, 2006). Pour cela, ils doivent se surprendre eux-mêmes lorsqu'ils explorent l'espace des possibilités (Resnick et al., 2005). O'Hare identifie comme solution le fait d'utiliser en éco-innovation un outil déjà réputé en créativité afin qu'il soit plus rapidement adopté par l'entreprise (O'Hare, 2010).

La thématique de l'éco-innovation amplifie l'importance de ce critère. La conception environnementale paraît souvent complexe, à partir de notions trop abstraites, comme, par exemple, le réchauffement climatique, conduisant ainsi les entreprises à faire régulièrement appel à des experts pour traiter de ces thématiques.

L'outil doit donc permettre de proposer une vue globale et simple de l'environnement afin que les utilisateurs aient confiance dans leur aptitude à apporter de bons concepts.

3.4.3.6. Un outil d'éco-innovation doit être flexible

Un requis important de l'outil d'éco-innovation, est sa capacité à être flexible, afin d'aider à son adoption par l'équipe de concepteurs, et permettre son implémentation dans les processus de conception. Ce critère de flexibilité d'un outil peut être compris à partir de trois paramètres :

- Un outil doit être flexible au sein même de l'entreprise. L'outil ne doit pas être trop spécifique comme des check-lists, et doit s'adapter à la diversité des entreprises, et des produits et s'ajuster à différents contextes ainsi qu' à la culture de la Compagnie (Lindahl, 2005).

- L'outil doit aussi être flexible au sein même du processus de conception. Il doit pouvoir être utilisé à divers moments du processus, en amont comme en aval. Jones parle notamment de cette caractéristique comme des « *tiny tool* », comme des outils non intrusifs pouvant être aisément utilisés tout au long du process (Jones, 2001). Cette flexibilité se traduit aussi par l'intérêt de « *de disposer de micro-outils, plutôt que de méga-méthodes* » (Van Handoeven, 1999).

- Enfin, l'outil doit être flexible au sein même de son processus. Il doit être facile d'utilisation, peu encombrant, et surtout les utilisateurs doivent pouvoir l'utiliser à leur guise, de différentes manières (Resnick et al., 2005). Cette modularité, au sein même de l'outil, aide notamment à orienter la réflexion en permettant de travailler sur une idée quand elle s'exprime.

Ce critère de flexibilité peut s'évaluer par la multitude et la diversité des cas d'application, ainsi qu'à travers divers degrés d'introduction de l'outil dans le processus de conception.

3.4.3.7. Un outil d'éco-innovation doit être performant malgré une quantité limitée d'informations

Nous avons vu précédemment que les informations manipulées en phase amont de conception jouent un rôle prépondérant dans l'orientation du processus de conception. Or ces phases amont ne donnent encore que de peu d'informations. Les outils spécifiques à ces phases doivent donc pouvoir être utilisés avec des éléments globaux, et non spécifiques au sujet d'étude.

La génération de concept doit être efficace à partir de données génériques relativement simples (Lindahl, 2005 ; Self, 2009). Collado-Ruiz montre d'ailleurs, dans son étude sur l'influence des données environnementales en session de créativité, qu'un simple mail suffit pour donner de bons résultats (Collado-Ruiz et Hesamedin, 2010).

3.4.3.8. Un outil d'éco-innovation doit permettre aux utilisateurs d'acquérir des connaissances

Un outil d'éco-innovation a une double fonction. La première est d'aider à générer des idées originales qui vont vers une réduction d'impact environnemental. La seconde est d'apporter de nouvelles connaissances aux utilisateurs, que ce soit par la manière de raisonner, ou par des informations sur l'éco-conception.

Bras a fait notamment remarquer que la promotion des critères environnementaux passe par l'éducation des concepteurs (Bras, 1997), tandis que l'enquête menée par Lofthouse a identifié clairement ce besoin des designers d'acquérir des informations environnementales (Lofthouse, 2005). L'outil doit donc apporter des notions simples des pratiques en éco-conception (Resnick et al, 2005).

3.4.3.9. Un outil d'éco-innovation doit être convivial et ergonomique

L'innovation et la créativité sont des processus qui ont pour finalité de générer des idées et sortir « des sentiers battus ». Le cadre dans lequel se déroule la séance joue donc un rôle majeur pour favoriser l'émergence de ces idées.

Lagerstedt explique que les outils d'éco-conception doivent être efficaces et adaptés à l'utilisateur (Lagerstedt, 2003), mais aussi être agréables à utiliser (Resnick et al., 2005). Ce critère passe notamment par l'ergonomie de l'outil permettant à l'utilisateur de se sentir à l'aise tout au long du processus de créativité. (Lindahl, 2005 ; Knight et Jenkins, 2009) L'ergonomie s'exprime aussi, selon Simona Rocchi, par le format des informations utilisées dans l'outil, lequel doit être adapté au niveau d'expertise de chaque utilisateur (Rocchi, 2005).

3.4.3.10. Un outil d'éco-innovation doit supporter l'hybridation

Un processus de conception conduit à l'utilisation d'un ensemble d'outils, lesquels présentent des spécificités, et ont, chacun, des avantages et des inconvénients. De même, le processus créatif ne relève pas souvent d'une méthode unique ; cela demande à l'utilisateur de jouer sur plusieurs méthodes (Resnick et al., 2005). Il n'existe donc pas d'outil idéal, et il est nécessaire d'hybrider les outils et de favoriser leur connexion (Vidal, 2007 ; Legardeur 2009).

3.4.3.11. Synthèse

Le tableau 27 reprend la liste de critères repris dans la littérature, ainsi que leurs principales contributions. Ils seront repris et serviront de trame pour le développement de l'outil EcoASIT, tout en constituant la base du questionnaire utilisé pour le protocole expérimental.

Caractéristiques de l'éco-innovation		Référence
Collaboration	<i>Un outil d'éco-innovation doit favoriser la collaboration entre utilisateur</i>	Cook, 2005 Resnick et al, 2005 Molineux, 2007 Santanen, 2004 Rocchi, 2005
Facilité d'usage et rapidité d'exécution	<i>Un outil d'éco-innovation doit être simple d'utilisation et rapide dans sa mise en œuvre</i>	Knight et Jenkins, 2009 Briggs et Reining, 2007 Lindahl, 2005 Cook et al., 2005 Thiebaud, 2003 Thouvenin, 2002 Stempfle, 2002
Objectifs et bénéfices clarifiés	<i>Un outil d'éco-innovation doit présenter des bénéfices évidents et clarifier les différents objectifs au cours de son process</i>	Knight et Jenkins, 2009 Beckhaus, 2006 Hewett, 2005 Resnick et al, 2005 Vidal, 2007 Lindahl, 2005 Sherwin, 2000
Performance d'exploration	<i>Un outil d'éco-innovation doit permettre l'exploration du champ de conception</i>	Chakrabarti, 2009 Resnick et al , 2005 Shah et Vargas-Hernandez , 2003 Sherwin, 2000
Confiance	<i>Un outil d'éco-innovation doit inspirer confiance</i>	Beckhaus, 2006 Dallman et al., 2005 Lindhal, 2005
Flexibilité	<i>Un outil d'éco-innovation doit être flexible</i>	Lindahl, 2005 Jones, 2001 Van Handoeven, 1999 Resnick, 2005
Niveau de détails	<i>Un outil d'éco-innovation doit être performant malgré une quantité limitée d'informations</i>	Knight et Jenkins, 2009 Collado-Ruiz, 2010 Self, 2009
Apprentissage	<i>Un outil d'éco-innovation doit permettre aux utilisateurs d'acquérir des compétences</i>	Bras, 1997 Resnick et al , 2005
Ergonomie Convivialité de l'outil	<i>Un outil d'éco-innovation doit être convivial et ergonomique.</i>	van der Lugt, 2000 Lofthouse, 2005 Knight et Jenkins, 2009 Molineux, 2007
Supporter l'hybridation	<i>Un outil d'éco-innovation doit supporter l'hybridation avec d'autres outils de créativité</i>	Resnick et al, 2005 Vidal, 2007 Thouvenin, 2002 Legardeur 2009

Tableau 27 Principales contributions aux caractéristiques d'un outil d'éco-innovation

3.5. MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Afin de mesurer la performance des phases d'éco-idéation, et d'étudier l'outil ASIT et EcoASIT lors des tests expérimentaux, nous avons mis en place un protocole expérimental basé sur un ensemble d'indicateurs.

Pour notre protocole, nous nous sommes inspirés des travaux entrepris par (Vallet et al., 2010), qui propose de mettre en perspective des indicateurs, dits « objectifs », nous permettant d'évaluer, avec cette même objectivité le processus de l'outil et /ou le résultat obtenu, ainsi que des indicateurs « subjectifs », à même d'évaluer qualitativement la perception des utilisateurs sur les outils qu'ils ont manipulés durant le test (tableau 28).

En effet, si l'utilisation d'un outil dépend fortement de son efficacité à générer des concepts pertinents, l'un des facteurs essentiels reste la perception de l'outil par les utilisateurs. Cette perception des utilisateurs peut en effet s'avérer être considérablement différente des résultats obtenus, et elle détermine la confiance des utilisateurs dans l'outil.

	Utilisateur	Chercheur
Résultat	Perception du processus	Evaluation du processus
Processus	Perception du résultat	Evaluation du résultat

Tableau 28 Type d'indicateurs entrant en jeu dans le protocole expérimental

En ce qui concerne la mise en place de l'expérimentation, la littérature nous montre que l'on peut classer les expérimentations en plusieurs niveaux (figure 58):

- un niveau « cas d'étude réel », l'étude se focalisant sur l'expérience industrielle, avec des contrôles limités ;
- un niveau « macro », l'étude pouvant porter sur des méthodes complètes avec un contrôle qui reste assez limité ;
- un niveau « intermédiaire », où il est nécessaire d'aligner les méthodes et les mécanismes d'idéation afin de modéliser précisément ces phases d'idéation ;
- un niveau « micro », où l'environnement est extrêmement contrôlé et qui s'approche d'une étude purement cognitive de la phase d'idéation (Vargas-Hernandez et al., 2010).

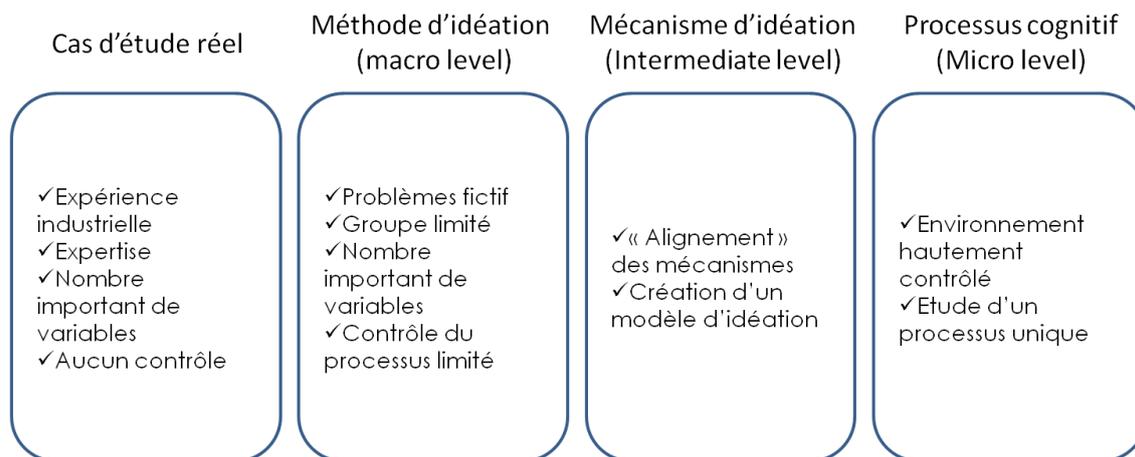


Figure 58 Echelles d'expérimentations (Vargas-Hernandez et al., 2010)

La plupart des outils d'éco-innovation se focalisent soit sur la mise en place du problème, soit sur l'évaluation de concept et très peu sur les phases d'idéation.

Notre but ici n'est donc pas d'aborder une approche cognitive sur l'éco-innovation, mais, au contraire, de montrer l'intérêt du processus créatif en éco-innovation. Ainsi, dans le souci d'élargir l'étude à plusieurs outils d'éco-conception/éco-innovation, et d'étudier l'outil EcoASIT vis à vis d'outils déjà développés, il est apparu plus pertinent de se placer à un niveau « macro ».

A partir de cette constatation, nous avons voulu faire un état de l'art des indicateurs et métriques adoptés dans des expérimentations focalisées sur les phases d'idéation.

3.5.1. RETOUR SUR L'EVALUATION DES PHASES D'IDEATION

On retrouve dans la littérature plusieurs courants concernant la phase d'idéation.

Le premier courant cherche, avant tout, à étudier l'interaction entre les utilisateurs et l'outil en phase de génération d'idées. Il est centré sur la perception de l'utilisateur et son appréhension de l'outil. Dorta a appelé cette analyse le « design flow » (Dorta, 2006) et, pour évaluer ces phases d'idéation, a défini la qualité de la phase d'idéation en termes de richesse du processus lui-même, en excluant de son champ d'étude le résultat. La richesse de la phase d'idéation correspond surtout à la capacité de l'outil à asseoir une longue réflexion, sans se soucier du processus suivi par l'outil en tant que support.

Ainsi, contrairement à une approche plus orientée sur le résultat, le « design flow » s'est intéressé essentiellement à l'expérience du concepteur dans son utilisation de l'outil. Un questionnaire est alors établi et les participants doivent y répondre régulièrement durant l'expérimentation.

Le deuxième courant correspond notamment aux travaux de Shah, repris par Nelson, et permet d'établir des métriques pour mesurer numériquement l'efficacité de la phase d'idéation (Shah et Vargas-Hernandez, 2003 ; Nelson et al., 2009, Vargas-Hernandez et al., 2010). Il propose ainsi de quantifier objectivement l'efficacité des processus d'idéation à travers l'étude du champ de conception, défini comme l'ensemble des options possibles pour un problème donné.

Ce courant fonde son évaluation sur deux questions permettant de mesurer l'efficacité des outils de génération d'idées :

(1) L'outil permet-il d'explorer le champ de conception ?

Cette question détermine si l'outil aide à explorer l'ensemble des solutions possibles d'un problème donné ;

(2) L'outil permet-il d'étendre ce champ de conception ?

Cette question détermine si l'outil aide à engendrer des concepts nouveaux (Shah et Vargas-Hernandez, 2003).

Pour cela, il propose deux critères orientés sur l'évaluation des idées : la nouveauté d'une idée, (l'aspect inattendu et original d'une idée comparée à une autre) et la qualité de l'idée générée (la mesure de la faisabilité d'une idée et sa réponse aux spécifications initiales) ; ainsi que sur deux critères orientés sur le déroulement du processus de génération d'idées : la variété des idées générées, à savoir l'exploration du champ de conception, et la quantité d'idées (Shah et Vargas-Hernandez, 2003).

Ces métriques ont, par la suite, été reprises et retravaillées dans divers travaux (Nelson et al., 2009), avec, notamment, pour objectif, la mise en place d'une formule sur le potentiel créatif d'une méthode, avec la combinaison des métriques de variété et de quantité.

Howard, dans ses travaux (Howard et al., 2008), a ajouté une nouvelle variable pour mesurer l'efficacité des processus d'idéation, variable liée à une question de temps : le critère « un-obviousness ». L'idée a-t-elle été générée rapidement (*obvious*) ou après une plus longue période (*un-obvious*) ?

3.5.2. LES TRAVAUX SPECIFIQUES A L'ECO-INNOVATION

Les travaux spécifiques aux expérimentations des outils d'éco-innovation sont plus rares.

➤ Pour évaluer le diagramme PIT, Jones a notamment évalué la quantité d'idées générées ainsi que leur pertinence environnementale (Jones et al., 2001).

➤ Concernant son étude sur une simplification de TRIZ pour l'éco-innovation, Jones s'est avant tout appuyé sur des critères répondant aux caractéristiques de l'éco-innovation : originalité (le concept est différent des conceptions actuelles), appropriation (le concept peut être développé dans l'industrie), pertinence environnementale (le concept montre une réduction potentielle de l'impact environnemental sur le cycle de vie avec ou sans effet rebond), radicalité (le concept présente un important changement dans la manière dont est remplie la fonction) et niveau systémique de l'idée (le concept met en évidence une résolution de problème à des plus hauts niveaux systémiques). (Jones ; 2003).

➤ Plus récemment, Collado-Ruiz a proposé, dans son article, une mesure de l'influence des informations environnementales sur la créativité des groupes ; et l'évaluation des idées générées par 56 étudiants « transdisciplinaires » (Collado-Ruiz et Hesamedin, 2010). Cette étude regroupe les informations selon deux critères : spécificité et niveau de détail. Pour cela, elle s'est appuyée sur l'auto-évaluation des idées proposées par Van der Lugt (Van der Lugt., 2003) pour mesurer la créativité des idées en fonction des informations environnementales. La variable des mesures est la créativité, dont la formule utilisée est la suivante :

$$\text{Créativité} = \text{Score (évaluation individuelle)} \times \text{Evaluation (meilleure idée)}$$

➤ Les travaux de Lockton ont cherché à démontrer la pertinence de l'outil « *Design With Intent* » (Lockton et al., 2010).

Le propos de cette étude est de comparer l'utilisation du mode inspiration et du mode prescription de l'outil, avec en plus, un groupe en brainstorming classique. Les deux variables à mesurer sont les suivantes : la quantité ainsi qu'un critère spécifique sur le comportement permettant de juger l'influence du concept généré sur le comportement de l'utilisateur :

- *user behavior change alone* ;
- *product behaviour change alone* ;
- *changes in product behaviour leading to changes in user behaviour* .

Cependant, la qualité de l'idée n'a pas été évaluée formellement.

Le tableau suivant regroupe ainsi différents tests qui ont été effectués et analysés sur les phases de créativité.

	Objectif	Protocole	Indicateurs
Howard et al., 2008	L'objectif de l'expérimentation est de comparer le résultat d'une session de créativité avec brainstorming « libre » et une session avec brainstorming + des stimuli « préparés »	L'expérimentation s'est passée en entreprise (spécialisée dans le packaging) 30 min pour présenter le projet, 30 à 70 min de brainstorming puis 40 min avec stimuli. Le chercheur a participé au projet.	Taux d'idée émise Qualité des idées
Vargas-Hernandez et al., 2010	L'objectif du test est notamment de déterminer les effets de différents mécanismes de stimulation	Les participants étaient supposés avoir le même type de niveau d'expertise pour la demande	Quantité moyenne, variété moyenne, qualité moyenne, originalité moyenne, meilleure qualité, meilleure originalité (selon la métrique de Shah)
Jones, 2001	L'objectif du test était de vérifier si l'outil Pit permet : L'amélioration de la prise en compte des idées L'amélioration de la pertinence environnementale des idées L'amélioration de la collaboration	20 participants 4 groupes aléatoires avec analyse sur leur intérêt Idée à écrire sur post it Même identification de problème	Quantité, pertinence environnementale, facilité de construction de la session
Jones, 2003	Le but était de déterminer l'influence des différentes outils TRIZ utilisés	Kai score et eco-design test pour l'intérêt	Niveau systémique, originalité, pertinence environnementale, radicale, niveau systémique
Collado-Ruiz et Hesamedin, 2010	Rôle de l'information sur la créativité	56 étudiants	Score de créativité
Lockton, 2010	Facilité d'usage de son outil	16 participants par pair	Quantité, Modification du comportement

Tableau 29 Retour sur les critères

3.5.3. MISE EN PLACE D'INDICATEURS ADAPTES POUR L'EVALUATION DES PHASES D'IDEATION EN ECO-INNOVATION LORS DES TESTS EXPERIMENTAUX

Afin d'évaluer les phases d'éco-idéation, nous avons posé comme postulat qu'un outil de créativité performant est un outil qui permet au groupe d'utilisateurs de maintenir un taux de génération d'idées constant tout au long de la session de créativité, ce qui permet au groupe d'explorer efficacement les champs de conception.

Par rapport à ce postulat, nous avons bâti un protocole à partir de 2 indicateurs principaux orientés « processus » : la fréquence de génération des idées, et la variété des idées. En parallèle, nous avons mis en place un deuxième ensemble d'indicateurs, orientés « résultats », qui permettent d'évaluer la qualité des idées obtenues : l'originalité des idées et la pertinence environnementale des idées. Néanmoins, comme nous le verrons dans le chapitre 4, ces derniers indicateurs ne se sont pas avérés suffisamment fiables pour pouvoir être utilisés sur l'ensemble des tests.

3.5.3.1. Fréquence des idées

La quantité d'idées est régulièrement utilisée pour mesurer les phases d'idéation. Dans certaines démarches, comme le brainstorming (Osborn, 1953) il est généralement admis que « la quantité d'idée mène à la qualité ». Or certaines méthodes, telle que la méthode TRIZ, remettent en cause ce mythe suivant lequel « plus on a d'idées à considérer, plus on augmente nos chances de découvrir de nouvelles choses » (Grossman et al., 1988).

Ainsi, allons-nous proposer, dans ce protocole expérimental, de prendre en compte la fréquence de génération des idées, qui permet de caractériser l'effort du groupe durant toute la session et ainsi observer les temps de relâchement du groupe.

Cet indicateur nous paraît essentiel pour caractériser un outil de créativité. Il permet en effet de s'assurer qu'un groupe de créativité générera des idées durant tout le temps de la session de créativité, caractérisant le dynamisme de l'outil, sans avoir à considérer la quantité d'idées générées.

3.5.3.2. Variété des idées

La variété des idées est un critère important de prise en compte de la capacité d'exploration d'un problème lors d'une session créative. En effet, Dylla a trouvé une corrélation significative entre le pourcentage du champ d'espace couvert et la qualité du produit final (Dylla, 1991). Ce critère permet de caractériser la capacité de l'outil à aider le groupe à déstructurer le problème, et à envisager l'ensemble des solutions possibles.

Dans le cas de l'éco-innovation, nous proposons une échelle adaptée à ce critère. En effet, nous considérons que le champ de conception en éco-innovation revient à pouvoir envisager 6 caractéristiques possibles :

- L'idée est orientée uniquement sur le produit ;
- L'idée est orientée sur une modification du produit en vue d'y associer un service ;
- L'idée est orientée sur une modification de l'usage associé au produit ;
- L'idée est orientée sur un service associé au produit ;
- L'idée est orientée sur une modification des méthodes de conception ;
- L'idée est orientée sur de nouveaux types d'organisation, de stratégies globales.

Cette échelle permet de classer l'ensemble des idées générées et caractériser la capacité de l'outil à envisager une variété de ces solutions.

Critère	Explication et exemple
Produit	L'idée est orientée uniquement sur le produit. <u>Ex</u> : utilisation de matériaux recyclables dans un produit
Méthode	L'idée est orientée sur une modification des méthodes de conception. <u>Ex</u> : Nouveau système de vente du produit
Système produit service	L'idée est orientée sur une modification du produit en vue d'y associer un service. <u>Ex</u> : Produit réparable à domicile
Nouvel usage	L'idée est orientée sur une modification de l'usage associé au produit. <u>Ex</u> : Mutualisation du produit
Service	L'idée est orientée sur un service associé au produit. <u>Ex</u> : Service après-vente
Organisation globale, stratégie	L'idée est orientée sur de nouveaux types d'organisation, de stratégies globales. <u>Ex</u> : Mise en place de filière de recyclage, écologie industrielle

Tableau 30 Description de l'indicateur variété des idées

3.5.3.3. Originalité et pertinence environnementale des idées

En ce qui concerne les critères permettant d'évaluer les résultats, les critères d'originalité et de pertinence environnementale sont adaptés aux thématiques de l'éco-innovation, comme le montre le tableau 2 ci-dessous, qui résume les divers critères utilisés lors des tests expérimentaux.

Notes	Explication
<i>Originalité</i>	
0	Aucune originalité - Déjà vue
1	Originale et cette idée a déjà été vue dans d'autre secteur
2	Très original
3	Innovation de rupture
<i>Pertinence environnementale</i>	
0	Pas du tout pertinent et nuisible
1	N'apporte pas de réduction d'impact environnemental
2	Possible réduction d'impact environnemental
3	Montre un grand potentiel de réduction d'impact environnemental

Tableau 31 Description des indicateurs orientés résultats

3.5.3.4. Questionnaire

Comme nous l'avons décrit précédemment, il est essentiel de recueillir la perception des utilisateurs quant à l'outil qu'ils viennent de manipuler. Pour cela, nous avons construit un questionnaire spécifique dans le but de le remettre aux utilisateurs quelques jours après les tests.

Dans le tableau 27 nous avons énuméré un ensemble de critères de performance de l'outil pour guider le développement de l'outil. Ces critères nous ont aussi permis l'élaboration d'un questionnaire

Le tableau ci-dessous reprend la trame du questionnaire.

Critères	Questions
Expertise	1. Quelle est votre connaissance en éco-conception ? 2. Avez-vous pratiqué les outils suivants ? 3. Avez-vous pratiqué les outils suivants ?
Collaboration	4. L'outil favorise-t-il l'interaction et la discussion entre les participants ? 5. D'après vous, l'outil favorise-t-il la compréhension multidisciplinaire ? 6. La notion de produit durable et éco-innovant était-t-elle claire pour le groupe ?
Mise en œuvre	7. Comment jugez-vous la prise en main de l'outil, l'apprentissage ? 8. Que pensez-vous du temps de mise en œuvre de l'outil, de la rapidité de génération d'idée?
Objectif	9. Avez-vous compris la démarche, l'objectif était-il clair ?
Exploration	10. Avez-vous eu l'impression d'avoir fait globalement le tour du problème ?
Confiance	11. Trouvez-vous les solutions que le groupe a générées pertinentes d'un point de vue environnemental? 12. Trouvez-vous les solutions que le groupe a générées originales?

Tableau 32 Questions posées aux utilisateurs à la suite des tests expérimentaux

Le questionnaire dans son intégralité est disponible en annexe 1.

3.5.3.1. Synthèse des indicateurs utilisés lors du protocole expérimental

Le tableau 33 ci-après fait la synthèse, avec description, des différents indicateurs mis en place pour le protocole expérimental. Afin d'obtenir une évaluation objective des phases d'éco-idéation, nous avons donc des indicateurs orientés « processus », qui permettent de caractériser le développement du processus de l'outil et des indicateurs orientés « résultats », permettant d'évaluer la qualité des idées.

En parallèle, il a été développé un questionnaire pour recueillir les impressions des utilisateurs.

<i>Critères</i>		<i>Description</i>
Critères orientés processus	Fréquence	<p>Définition du critère : Fréquence de génération d'idée au cours de la session créative.</p> <p>Méthode de calcul : Nombre d'idées émises par le groupe en fonction du temps.</p>
	Variété	<p>Définition du critère : Diversité des concepts générés..</p> <p>Méthode de calcul : Chaque idée est classée suivant le type de nouveauté sur lequel porte l'idée :</p> <p>➤ Produit/ Système produit service / Service / Nouvel usage / Méthode / Organisation globale, stratégie</p>
Critères orientés résultats	Pertinence environnementale	<p>Définition du critère : Réduction de l'impact environnemental du concept généré vis-à-vis du concept de référence.</p> <p>Méthode de calcul : Chaque idée est classée suivant une échelle portée de 0 à 3</p>
	Originalité	<p>Définition du critère : Originalité de l'idée.</p> <p>Méthode de calcul : Chaque idée est classée suivant une échelle portée de 0 à 3</p>
Perception des utilisateurs	Expertise Collaboration Mise en œuvre Objectif Exploration Confiance	<p>Questionnaire : remis aux utilisateurs 7 jours après le test.</p>

Tableau 33 Indicateurs mis en place pour les tests

3.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre approche méthodologique, et en cela décrit les moyens qui nous ont permis d'arriver aux principaux apports de cette thèse qui seront décrits dans les chapitres suivants.

Notre approche s'articule ainsi autour de 2 processus :

(1) Le premier processus est le développement d'un outil d'éco-innovation EcoASIT. Cet outil s'appuie sur l'outil de créativité ASIT, lequel a pour objectif de répondre aux problématiques préalablement identifiées : focalisation sur les phases d'idéation à des niveaux systémiques élevés, et stimulation sur l'ensemble des axes du développement durable.

Pour cela, nous avons présenté une stratégie d'adaptation de l'outil ASIT, tout en présentant ses limites dans un contexte d'éco-innovation. Cette stratégie peut être rappelée, et se résumer, à travers les questions suivantes :

- Comment orienter la réflexion de l'outil ASIT vers des niveaux systémiques élevés, tant sur la mise en place du problème que sur les « objets » manipulés ?
- Comment orienter la réflexion de l'outil ASIT vers les approches environnementale à travers notamment la notion de cycle de vie et les approches sociales, notamment à travers les « objets » manipulés et les opérateurs utilisés ?

En parallèle, nous nous sommes fixé des contraintes dans le développement de l'outil, contraintes issues d'un état de l'art sur les critères de performance et d'intégration des outils d'éco-innovation. Elles ont constitué un fil directeur dans le processus de développement des différents prototypes de EcoASIT.

(2) Le deuxième processus de notre approche méthodologique correspond à la mise en place d'un protocole expérimental permettant d'évaluer les phases d'éco-idéation et en particulier pour effectuer des tests expérimentaux et ainsi évaluer de l'outil EcoASIT.

Ce protocole s'appuie sur le postulat suivant :

Un outil de créativité performant doit maintenir un flux constant d'idées durant toute la session, et permettre au groupe d'explorer efficacement le champ de conception, c'est-à-dire, l'ensemble des alternatives envisageables.

Il s'appuie également sur l'idée qu'un outil ne sera utilisé que si les utilisateurs le perçoivent comme outil performant.

Pour ce faire, ce protocole est composé d'un ensemble d'indicateurs « objectifs », dont les principaux permettent d'étudier la fréquence de génération d'idées, de même que la variété des idées générées par le groupe, et d'un questionnaire permettant de recueillir les impressions plus subjectives des utilisateurs de l'outil.

CHAPITRE 4. Développement d'EcoASIT, un nouvel outil d'éco-innovation

Introduction

Notre état de l'art a permis d'identifier les insuffisances des outils d'éco-innovation dans les phases de génération d'idées, avec pour conséquence, l'intérêt de focaliser le développement d'un nouvel outil d'éco-innovation sur la phase d'idéation.

Pour cela, nous avons entrepris une démarche visant à identifier un outil de créativité déjà existant, afin de l'adapter aux problématiques de l'éco-innovation.

C'est ainsi que, dans ce quatrième chapitre, nous présenterons cet outil d'éco-innovation, dans son utilisation plus précisément orientée sur la stimulation d'un groupe d'utilisateurs sur l'ensemble des axes du développement durable (environnemental, social, ou encore sur le comportement des diverses parties prenantes).

Avec la présentation de cet outil, nous souhaitons apporter une réponse adéquate aux lacunes des outils actuels en développant un outil de créativité spécifique à l'éco-innovation.

Le développement de cet outil a été initié grâce à la collaboration entre le centre d'accueil de cette thèse, APESA-Innovation, et le laboratoire ESTIA Recherche²³. Le premier travail qui en a résulté, visait à montrer la pertinence d'utilisation de l'outil de créativité ASIT, développé par Roni Horowitz (Horowitz, 1999), à la suite d'une analyse environnementale simplifiée.

Dans cette approche, les auteurs de ces travaux, publiés dans (Legardeur et al. 2009) ont proposé d'hybrider l'outil de hiérarchisation des impacts environnementaux ATEP (Le pochat, 2005) pour l'identification du problème posé avec l'outil ASIT pour la phase de génération d'idées. L'objet de la présente thèse s'inscrit, dès lors, dans la continuité de cette démarche.

Au regard de notre état de l'art, et, notamment, des limites actuelles concernant l'instrumentation des processus d'éco-innovation, nous avons fait le choix de continuer l'adaptation de l'outil ASIT en EcoASIT, et ce en intégrant dans nos travaux 3 notions clés : l'approche cycle de vie, l'approche sociale et comportementale, et la nécessité de travailler à des niveaux systémiques élevés.

Cette partie s'articule en deux étapes. Dans un premier temps, ce chapitre s'attachera à présenter notre adaptation et l'évolution de l'outil EcoASIT tout au long de cette thèse²⁴. Nous souhaitons ainsi proposer une validation scientifique de notre contribution sur un double plan à la fois théorique et expérimental.

Sur le plan théorique, nous expliciterons les fondements conceptuels de l'outil EcoASIT en soulignant son affiliation et ses distances avec l'outil ASIT.

Sur le plan expérimental, nous avons choisi de retracer l'évolution d'EcoASIT en présentant les différentes approches et versions d'outils proposées, de manière interactive avec les connaissances apportés par l'ensemble des tests effectués au sein du centre APESA Innovation, mais également dans des milieux académiques et industriels.

Dans un deuxième temps, il permettra de présenter, de manière plus détaillée, l'ultime version de l'outil EcoASIT, qui correspond à un prototype validée par l'entreprise partenaire. Cette dernière version sera plus largement testée.

Ceci nous amènera à la fin de ce chapitre, à faire une synthèse de notre démarche, notamment en mettant en évidence les principales différences entre l'outil ASIT et l'outil EcoASIT.

Ce chapitre, plus généralement, va être l'occasion de présenter les différentes approches d'EcoASIT suivies durant le cadre de développement de cet outil.

(1) Une première approche, correspondant à une version initiale d'EcoASIT, et qui consiste essentiellement en l'intégration dans le processus ASIT des caractéristiques de l'éco-innovation que sont : la notion de cycle de vie, l'approche sociale et comportementale. Il s'agira d'une approche essentiellement focalisée sur une mise en place approfondie du problème posé, afin d'appréhender la complexité des problèmes envisagés.

²³ Cette thèse est issue de travaux préliminaire de R&D initié par APESA-Innovation qui désireait coupler l'analyse environnementale et les outils de créativité.

²⁴ Cette évolution de l'outil EcoASIT est issue d'un travail conjoint entre le centre APESA-Innovation et ESTIA Recherche en collaboration avec l'entreprise SolidCreativity, entreprise experte sur l'utilisation de l'outil ASIT.

(2) Une seconde approche qui consistera à intégrer la recherche du problème et la mise en place des objets du monde « clos » sous une même interface issue des 9 écrans de TRIZ. Il s'agira d'une approche permettant avant tout, d'intégrer une dimension temporelle dans le processus d'EcoASIT, en travaillant sur des objets présents et des objets futurs, cette phase correspondant également au développement d'une version informatisée rendant l'outil plus facilement manipulable.

(3) Une troisième approche conduisant à la version validée de l'outil, se traduira par une simplification de l'outil et la mise en place d'un « monde clos » générique, et mettra en valeur la phase de génération d'idées par rapport à celle de mise en place du problème. Cette dernière approche permettra une session rapide, favorisant ainsi l'itération.

Pour clore cette introduction, nous pouvons noter que cette restitution de notre travail d'adaptation d'ASIT en EcoASIT présente plusieurs avantages:

- Elle permet de mettre en valeur le chemin parcouru pour atteindre une version adoptée par le centre d'accueil de l'outil EcoASIT ;
- Elle permet également de souligner le caractère itératif et inductif de nos recherches, faites à partir d'un ensemble de tests internes et externes, mais aussi d'apports bibliographiques. Nos recherches ont eu pour conséquences de privilégier certaines pistes de développement, et d'en écarter d'autres, au moins temporairement.

Ainsi, la version finale de l'outil présentée dans le cadre de cette thèse ne saurait être une version destinée à rester figée et, à fortiori, définitive. La présente version devra être considérée comme un aboutissement de nos réflexions, avec le sentiment que les pistes aujourd'hui présentées permettront d'aller plus avant sur un panel d'outils flexibles et à développer dans le cadre de futures recherches.

4.1. UN RESEAU D'EXPERIMENTATION – UN PROCESSUS ITERATIF

Notre travail d'adaptation d'ASIT en outil d'aide à l'éco-innovation EcoASIT a conduit, très rapidement, à des besoins d'itérations et d'interactions entre la théorie d'un outil d'éco-innovation idéal et les pratiques possibles lors de sessions eco-créatives.

Dans le but d'avoir, *in fine*, une double validation, scientifique, sur les plans théorique et expérimental, et dans une logique d'approche de recherche-action, nous avons complété notre réflexion théorique en mettant en place une série de tests de différentes natures, pour, à chaque fois, mettre en situation, et constater l'avancement des travaux sur les différentes versions d'EcoASIT.

Pour la réalisation de ces tests, nous avons différencié plusieurs types de cas d'étude (cas d'études sans données initiales, cas d'études agrémentées de données industrielles), ainsi qu'une diversité de participants (spécialistes, ingénieurs, designers, dans les domaines académique et/ou industriel).

Le développement de l'outil EcoASIT s'insérant dans une volonté du centre APESA-Innovation de développer une activité éco-innovation destinée essentiellement au PME, un deuxième type de cas d'étude a pris forme, issus de projets industriels d'APESA-Innovation, en cours ou déjà réalisés. L'avantage de ces cas industriels proposés est la possibilité d'effectuer des tests à partir de données tangibles et cela dans des conditions réelles d'utilisation.

Nous avons eu également la possibilité de poursuivre nos tests en travaillant du cas d'étude en lui-même, à sa réalisation, dans un grand groupe industriel ; en l'occurrence, au sein de centre de Renault Guyancourt, travail effectué en présence d'une équipe projet de ce groupe automobile.

La figure 59 répertorie les principaux cas d'études effectués, et utilisés, lors des différents tests permettant de faire évoluer l'outil.

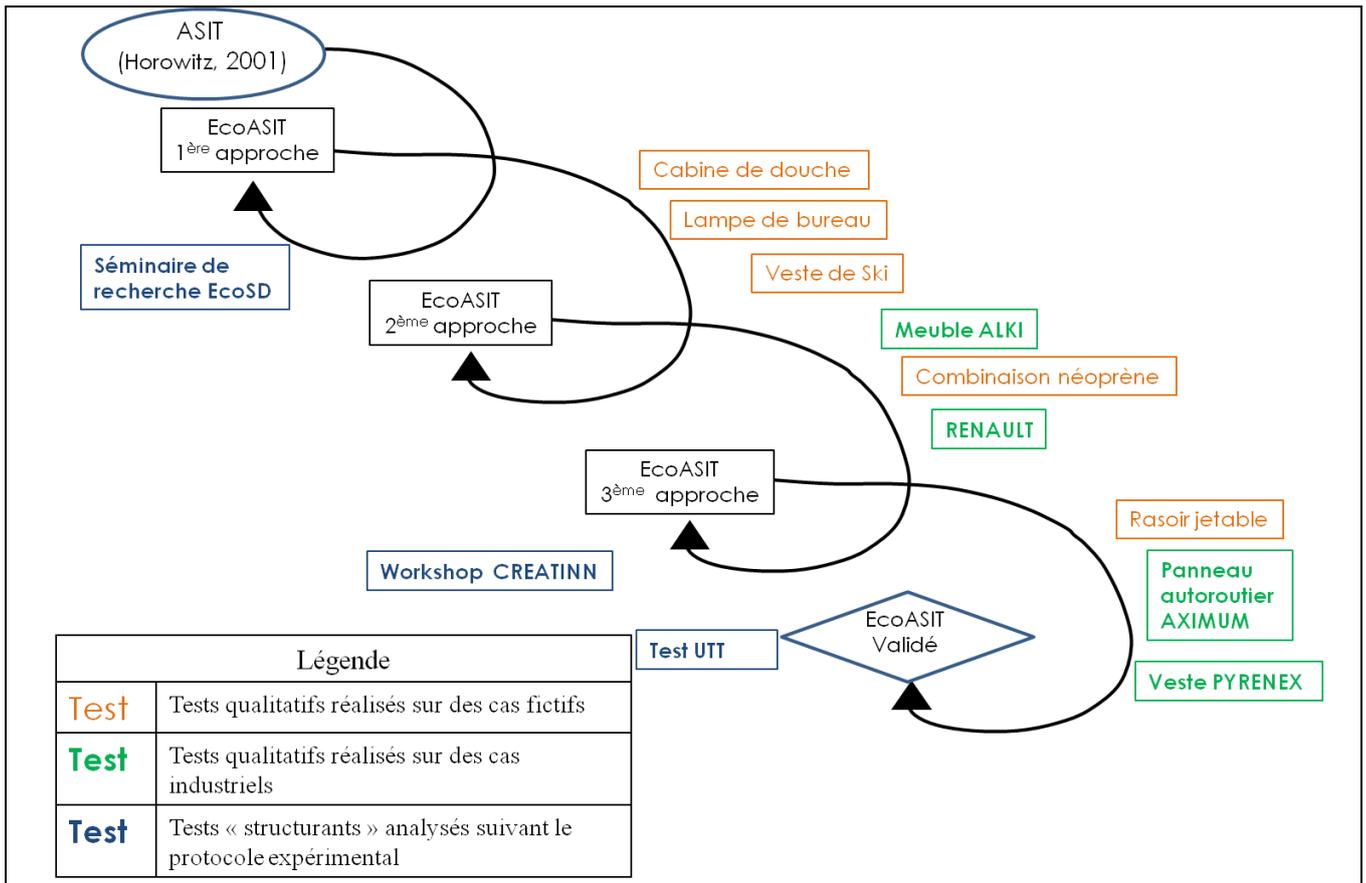


Figure 59 Cas d'étude utilisés dans les différents tests expérimentaux

Nous verrons, dans la suite de notre démarche, que nous avons toujours souhaité placé nos recherches dans un processus d'itérations entre des expérimentations sur l'outil EcoASIT, une observation des résultats qualitatifs et/ou quantitatifs, et une correction de l'outil et/ou la mise en place de nouvelles approches.

Etant précisé que les expérimentations relevaient de par leur nature et leur objet, de deux catégories :

(1) La première catégorie concerne les expérimentations dites « de développement », en vert et orange sur la figure ci-dessus, et ayant eu lieu essentiellement en interne (au sein même du centre). Celles-ci, conduites par l'équipe de recherche, ont permis de tester l'ensemble des versions de l'outil, et de recueillir les réactions des participants (réactions recueillies en direct et/ou sous forme de mini-questionnaires).

Parmi ces tests, nous retrouvons chronologiquement :

- une étude de cas sur une cabine de douche, réalisée en interne, dont l'objectif était de générer des concepts en vue d'une reconception innovante de ce produit. Ce premier test s'est focalisé sur la phase de mise en place du problème.
- une étude de cas sur une lampe de bureau, réalisée en interne, dont la finalité était de réduire la consommation d'énergie de la lampe.
- une étude de cas sur une veste de ski, réalisée en interne, à partir de données réelles, afin de réduire l'impact environnemental de la veste. Ce test a consisté avant tout à étudier la fluidité du processus EcoASIT.
- une étude de cas sur une combinaison en néoprène, réalisée en interne, visant à réduire l'impact de la fin de vie du produit.
- une étude de cas sur un rasoir jetable, réalisée en présence de participants non-initiés à la méthode, dans le but de réduire la consommation de ressources inhérentes à ce produit.

En parallèle, nous avons effectué 3 cas industriels :

- une étude de cas issu d'un projet avec la société de mobilier ALKI, permettant de concevoir une nouvelle gamme de mobilier extérieur. Cette étude a été faite en interne.

- un cas industriel effectué au sein du technocentre RENAULT, pour alléger le véhicule.
- Un cas industriel avec l'entreprise d'équipement et services routier AXIMUM, avec pour objet de rendre autonome en énergie un panneau de signalisation autoroutier.

Concernant ces tests, nous reviendrons plus précisément sur certains d'entre eux pour illustrer nos propos et justifier les évolutions données à l'outil.

(2) La deuxième catégorie se rapporte à des expérimentations dites « de validation » en bleu sur la même figure ci-dessus. Elles montrent les principales étapes de développement de l'outil, avec un protocole plus précis. Ces dernières se sont déroulées en milieu extérieur. Le chapitre 5 de cette thèse leur est consacré .

(3) Le tableau 34 ci-dessous reprend, dans toutes leurs composantes, les différents tests réalisés.

Chapitre 4 – DEVELOPPEMENT D’ECOASIT, UN NOUVEL OUTIL D’ECO-INNOVATION

Test	Cas d'étude	Profil des pratiquants	Objectif	Type de protocole du test
1	Luminaire extérieur HOLIGHT	Chercheurs + Consultants + Industriels / Experts en éco-conception et créativité (20p)	<u>Test académique</u> Tester le concept C0 : ASIT est pertinent sur des thématiques d'éco-innovation	Test de validation académique avec protocole détaillé Analyse des idées générées Analyse du process
2	Cabine de douche	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de la version 1	Observation et retour des participants
3	Lampe de bureau	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de la version 1	Observation et retour des participants
4	Veste de ski	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de la version 1	Observation et retour des participants
5	Renault	Equipe projet Renault (10p)	<u>Test de développement:</u> Test de la version 2+ Intégration des 9 écrans (Problème déjà posé)	Analyse qualitative des idées générées
6	Combinaison	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de la version 2	Observation et retour des participants
7	Meuble de jardin ALKI	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de la version 2	Observation et retour des participants
8	Rasoir jetable (1)	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de l'outil final / ASIT	Protocole simplifié Analyse des idées générées
9	Panneau d'autoroute AXIMUM	Ingénieur éco-conception / Ingénieur conception (5p)	<u>Test de développement</u> Test de l'outil final / ASIT	Protocole simplifié Analyse des idées générées
10	Bouilloire	Etudiants en éco-conception (20p)	<u>Test académique</u> Validation académique de l'outil final	Test de validation académique avec protocole détaillé Analyse du process
11	Rasoir jetable (2)	Industriels, organisme public et consultant (Groupe français et espagnol) (15p)	<u>Test académique</u> Test de l'outil final	Analyse des idées générées Analyse du process

NB : Test académique : test avec protocole décrit dans le chapitre ; Test de développement : Test qualitatif permettant d'expérimenter des concepts d'outils

Tableau 34 Tests réalisés durant la thèse

4.2. CONSTRUCTION DE L'OUTIL ECOASIT

Nous avons présenté dans le chapitre 3 l'outil de référence ASIT issu des travaux de Horowitz.

Dans le présent paragraphe, nous allons exposer le processus de développement permettant d'aboutir à une version validée de l'outil EcoASIT.

Ce processus de développement peut faire l'objet de la distinction suivante²⁵.

- (1) Les différentes évolutions de EcoASIT, évolution tant dans la structure même de l'outil, que dans l'ajout d'outils périphériques, ou de mise en place de nouveaux supports. Ils représentent ainsi les différents concepts d'outils.
- (2) Les connaissances apportées tout au long de ce processus de développement, correspondant à la littérature scientifique (tant de la littérature sur la conception, les outils de créativité, que la littérature spécifique à la conception environnementale) mais aussi les issues des résultats des différentes expérimentations décrites plus haut.

Au regard de cette distinction, notre représentation ne suit pas forcément une linéarité historique. En utilisant les différents tests réalisés, ainsi que les connaissances accumulées durant les 3 années de recherche, nous avons donc été amené à remettre en forme le cheminement intellectuel, qui a permis d'aboutir à une version finalisée de l'outil, et ce, afin de monter l'affiliation théorique avec l'outil de référence ASIT.

4.2.1. 1ERE APPROCHE : INTEGRATION DES DIMENSIONS DE DEVELOPPEMENT DANS L'OUTIL ASIT

L'outil ASIT ne propose pas, en tant que tel, d'aide à l'identification de la problématique à traiter ou de la recherche d'un objectif de la session. Le groupe d'utilisateurs doit donc utiliser ses connaissances sur le produit ou service étudié, et ses compétences, pour définir les problématiques adéquates à traiter.

De par la diversité des parties intervenantes, et des dimensions impliquées dans le cadre d'un processus d'éco-innovation, la mise en place du problème ne peut pas dépendre uniquement des connaissances du groupe, ainsi que de sa manière d'aborder et d'appréhender les thématiques environnementales et sociétales. Dans le cas contraire, il y aurait un risque que le groupe ne se focalise que sur les sujets qu'il maîtrise, ou qu'il a l'habitude de traiter (Matthews et al., 2002), avec, pour conséquence, un manque de pertinence sur des thématiques d'éco-innovation qui demandent une remise en cause approfondie du système, et l'intégration de nouvelles dimensions. Ainsi, « des alternatives intéressantes peuvent être écartées parce qu'elles ne sont pas connues, usuelles ou évaluées » (Scavaretti, 2004).

Prenant en compte ces considérations, nous avons cherché, en travaillant sur l'outil EcoASIT, à répondre à deux questions à se poser dès le départ :

- (1) Comment aider le groupe à identifier et formuler un problème en éco-innovation ?
- (2) Comment aider le groupe à intégrer les notions environnementales et sociétales durant le processus de créativité ?

Dans cette approche, les réponses doivent s'articuler autour de deux versions de l'outil EcoASIT :

- Une version v1, qui a eu pour objectif d'intégrer la dimension environnementale et sociétale dans le processus de l'outil ASIT. Nous avons donc cherché à accompagner l'utilisateur dans la mise en place du problème à l'aide de l'introduction d'une carte conceptuelle ou *mindmap des problèmes*, et d'une matrice permettant de croiser les différentes dimensions énoncées précédemment. Puis nous avons adapté les objets et les opérateurs ASIT dans une logique d'éco-innovation.

- Une version v2, qui a répondu à un souci de simplification de la démarche visant à identifier le problème, tout en rendant le processus de l'outil plus flexible.

²⁵ Le lecteur pourra se référer à la figure 82 qui illustre en détail ce processus de développement.

4.2.1.1. Version 1 : Intégrer les dimensions environnementales et sociétales dans l'outil ASIT

Notre première version EcoASIT²⁶ a consisté à intégrer des notions environnementales et sociétales de l'éco-innovation durant toutes les étapes du processus : de la mise en place du problème, jusqu'à la phase de génération d'idées.

a. Travaux sur la mise en place du problème : d'une mindmap des problèmes à la structuration de l'objectif

Notre état de l'art sur les principaux outils d'éco-conception et d'éco-innovation (cf. chapitre 2) a conduit à faire deux constats :

(1) Une séance d'éco-innovation ne peut s'articuler autour d'une analyse environnementale approfondie, qui demande trop de données, et limite, de ce fait, les possibilités des concepteurs. Il est donc nécessaire de proposer aux utilisateurs d'aborder les différents aspects de l'éco-innovation en se démarquant de l'analyse environnementale pure.

(2) L'entreprise n'ira généralement pas vers des approches comportementales et sociales, jugées trop aléatoires et /ou trop complexes à gérer. On a pu faire le constat que ces considérations sont en général oubliées en éco-conception et en éco-innovation, l'éco-conception tendant, parfois, à décontextualiser le produit (cf. chapitre 1).

Dans cette optique, et pour répondre à notre deuxième problématique identifiée dans le chapitre 3, nous avons identifié les principales dimensions à intégrer dans un processus d'éco-innovation et les différents « points clés » qui en découlent (figure 60) ; étant précisé que par « point clés », nous entendons les différents points d'entrée à même d'orienter la formulation du problème.

Les dimensions à prendre en compte sont les suivantes :

(1) **La dimension environnementale** qui paraît être la plus évidente.

Elle se traduit par une double analyse de l'offre : une analyse « cycle de vie », un produit/service devant être étudié au cours des différentes phases de son cycle de vie ; et une analyse « impact environnemental » correspondant à l'aspect multicritère de l'environnement.

Les différents points clés reprennent donc le cycle de vie du produit.

(2) **La dimension axée sur le comportement des utilisateurs**, axe majeur pour l'éco-innovation, et qui permet une innovation forte et de rupture.

Elle implique parfois l'introduction d'une offre entièrement nouvelle, qui incite l'utilisateur à changer ses comportements de façon profonde. Le comportement de l'utilisateur étant facteur de grandes incertitudes, celui-ci conditionne souvent l'intensité de l'impact environnemental d'un produit (Lagerstedt, 2003), et donc, le succès des éco-innovations.

Cette dimension permet également d'orienter la réflexion du groupe sur les relations entre la conception d'un produit et/ou service, et le comportement des utilisateurs. Ces relations sont multiples du fait qu'il y a différentes manières de changer le comportement de l'utilisateur (Lilley and al., 2006)

Les « points clés », dans cette dimension relative au comportement des utilisateurs, sont :

➤ La valeur d'estime d'un produit - Perception du produit

Il se fonde sur la notion de produit désirable et sur le rapport entre l'utilisateur et le système.

➤ L'apprentissage – Information

Il conduit à questionner le concepteur sur l'information fournie par le produit afin d'influencer le comportement de l'utilisateur.

➤ L'incitation - Contrainte

Il amène à interroger le concepteur sur la capacité du produit à inciter ou forcer l'utilisateur à adopter un comportement plus responsable.

➤ Le Bon usage :

Il implique de demander à l'utilisateur si le produit est naturellement bien utilisé (implicite).

²⁶ Cette version de l'outil a fait l'objet de deux articles : (Tyl et al., 2009) et (Tyl et al., 2011a)

(3) **La dimension sociétale du produit**, dimension probablement la plus compliquée à mettre en œuvre en entreprise. Selon la définition reprise du Larousse, elle traduit ce « qui se rapporte aux divers aspects de la vie sociale des individus, en ce qu'ils constituent une société organisée ».

Comme nous l'avons vu dans les exemples d'éco-innovation présentés dans le deuxième chapitre, cette dimension sociétale fait souvent intervenir des parties prenantes extérieures au monde industriel et/ou demande une forte intégration et connaissance de l'entreprise dans son environnement local. Il n'en reste pas moins que nous considérons que cette dimension est pertinente, porteuse de nouvelles bases de réflexion engagée et systémique, tant sur l'identification d'une problématique que comme stimulus de créativité.

Elle permet, également, de redéfinir le contexte global du produit et de l'entreprise, de réfléchir sur la pertinence et la fonctionnalité même de ce produit, ainsi que sur sa place dans un contexte social et culturel. Elle peut avoir un rôle dans l'intégration des parties prenantes, à partir d'une réflexion sur le rapport entre la conception du produit et les conditions de travail, ainsi que sur la cohésion sociale. Ces considérations permettent à Josephine Green d'affirmer que « la technologie devient vraiment un moteur de croissance quand et seulement quand elle est accompagnée d'une innovation sociale. Une nouvelle technologie dans un ancien contexte ne décolle pas » (Green, 2005).

Les « points clés », dans cette dimension sociétale du produit, sont :

- L'emploi
En proposant au concepteur de se questionner sur la possibilité de générer un nouveau concept favorisant l'emploi.
- Condition de travail
En proposant au concepteur de se questionner sur la possibilité de générer un concept favorisant les conditions de travail des diverses parties prenantes liées au produit.
- Dynamisme local
En proposant au concepteur de se questionner sur la possibilité de générer un concept favorisant le dynamisme local (économie, cohésion sociale, ...).
- Redéfinition du besoin
En proposant au concepteur de repenser le besoin créé par le produit et comment y répondre au mieux.

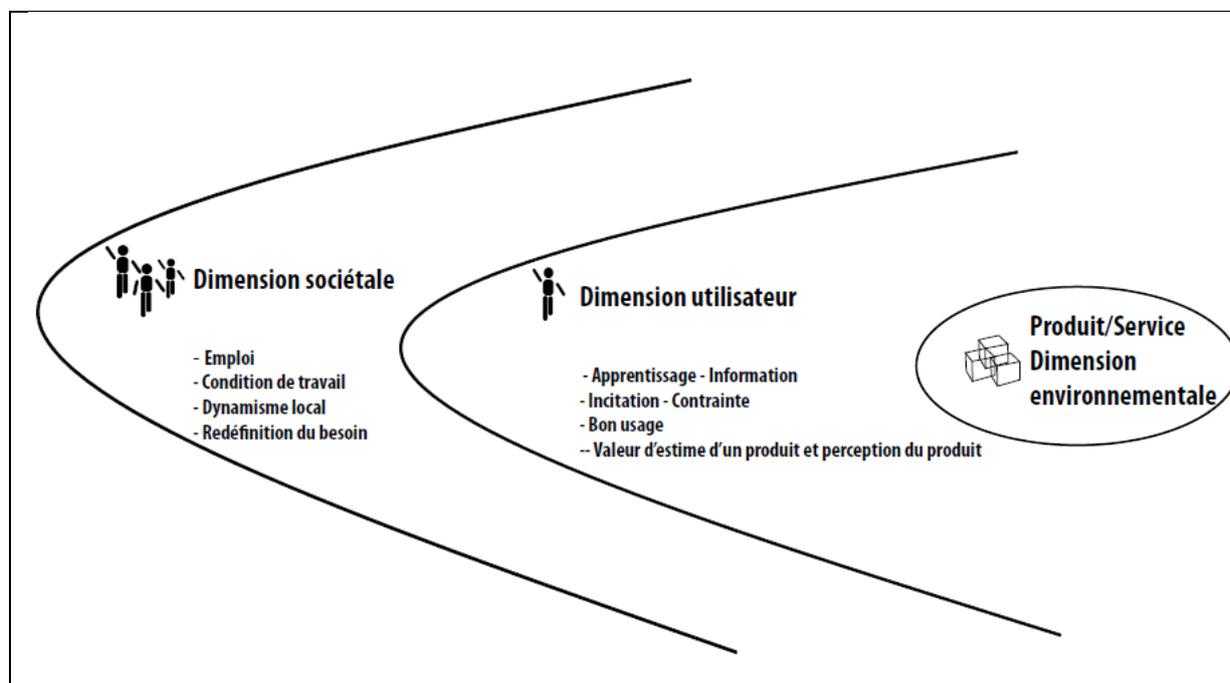


Figure 60 Dimensions et points clés

De la mise en place d'une mindmap

Pour intégrer ces différentes notions, nous avons élaboré une mindmap, telle un guideline, pour recenser les principales problématiques identifiées sur une thématique d'éco-innovation. ASIT demande, en effet, une formulation claire de la problématique, préparant les phases de stimulation. Pour faciliter l'élaboration « écrite » de cette problématique, nous avons mis en place une mindmap²⁷, corrélée avec les dimensions et les différents « points clés » précédemment identifiés, et permettant d'aider le groupe à formuler cette même problématique.

Cette mindmap, issue de divers guides trouvés dans la littérature (on citera, par exemple, le manuel (D4S, 2010), regroupe ainsi un ensemble de problématiques et sa finalité première est de pouvoir évoluer et s'enrichir au fur et à mesure de son exploitation dans les tests, sous le modèle du *crowdsourcing* (concept formalisé par Jeff Howe et Mark Robinson) et utilisé récemment pour la résolution de problèmes (Brabham, 2009). Au moyen de la mindmap, le groupe trouve une aide dans l'identification de son objectif, qui passe par des problèmes systémiques jusqu'à des problèmes plus spécifiques.

L'utilisateur peut ainsi naviguer dans la mindmap dont l'architecture est présentée dans la figure 61 ci-dessous, parmi des objectifs de plus en plus précis.

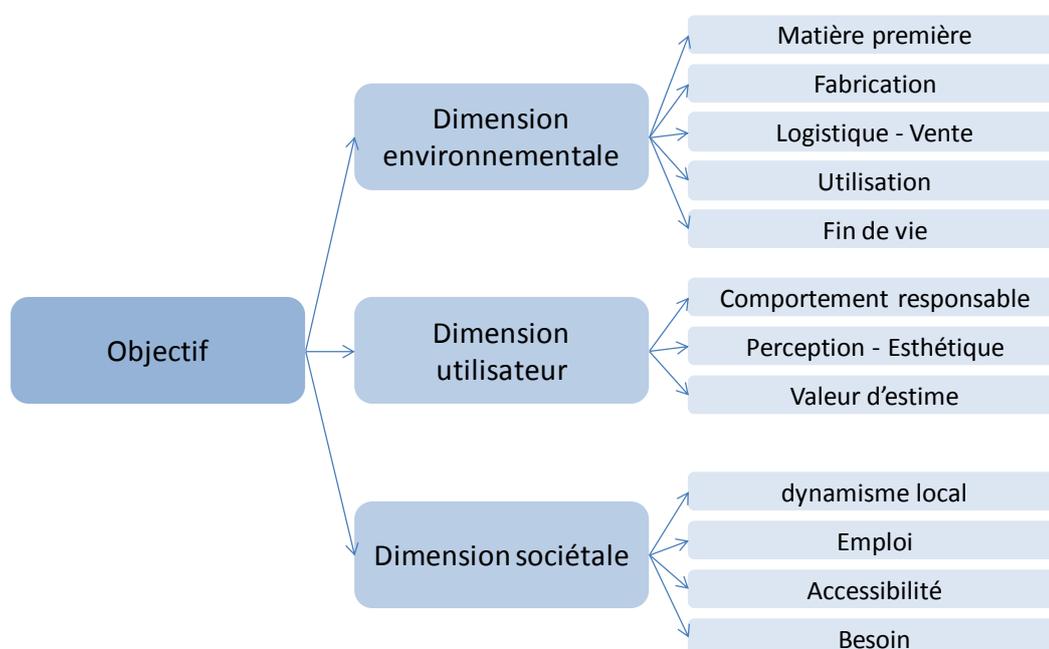


Figure 61 Architecture de la mindmap

Les 3 dimensions rassemblées dans cette mindmap ont pour objectif de forcer une réflexion globale des utilisateurs lors de l'identification et la formalisation des problématiques d'éco-innovation au sein de l'entreprise.

L'illustration ci-dessous (figure 62) est un extrait de la mindmap.

²⁷ La mindmap a été réalisée sous le logiciel Xmind



Figure 62 Aperçu de la mindmap

...A la structuration de la recherche de problème.

Si la mindmap permet d’avoir une cartographie des problématiques générales en éco-innovation, les premières manipulations de ce support nous ont permis de nous rendre compte de la difficulté pour l’animateur de guider le groupe dans l’identification du problème.

Par ailleurs, pour une identification effective du problème, nous formulons l’hypothèse que les entreprises cherchent, au départ, à travailler sur la dimension environnementale du produit, laquelle paraît la plus évidente au premier abord, ainsi que la plus rassurante, et sans se soucier des axes spécifiques à l’intégration de l’utilisateur, ou à l’approche sociétale.

Afin d’amener le groupe à intégrer les trois dimensions dans sa réflexion sur la mise en place du problème, il est par conséquent nécessaire de travailler sur les relations existant entre ces différentes dimensions, afin de coupler des problèmes dépendants.

On pourrait citer, à titre d’exemple, l’objectif visant à faire réfléchir l’utilisateur sur la relation entre l’impact environnemental d’un produit et son effet sur l’intégration locale du produit.

En nous basant sur les travaux de Lagerstedt, présentant le principe de matrice éco-fonctionnelle et mettant en relation la fonctionnalité du produit avec l’environnement (Lagerstedt, 2003), nous avons donc mis au point une matrice qui permet de croiser les différents « point clés » issus des dimensions précédemment décrites. Dans cette optique, nous avons donc utilisé une approche type QFD qui met en valeur les trois dimensions de l’éco-innovation : la dimension environnementale, la dimension utilisateur et comportementale, et la dimension sociale, que nous illustrons dans la figure 63.

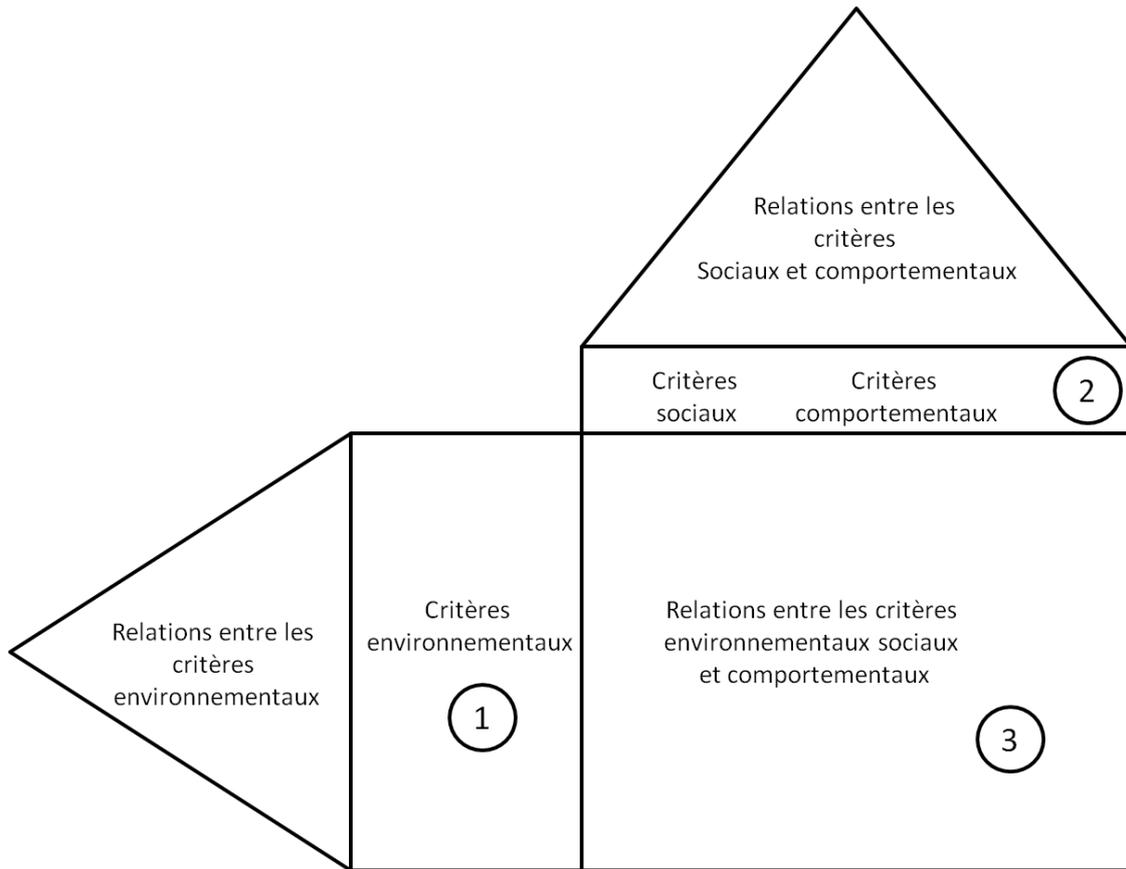


Figure 63 Mise en place de l'objectif

Ainsi, par l'approche matricielle, nous proposons d'évaluer le produit dans ces 3 dimensions, pour ensuite les croiser en identifiant des couples de problèmes/objectifs pour la session d'éco-innovation.

Une première étape du processus consiste alors en une double évaluation du produit, étape qui se déroule en groupe, à l'aide des outils suivants :

(1) Une première évaluation est orientée vers l'impact environnemental du produit référence, évaluation suivant les phases du cycle de vie et les impacts environnementaux de celui-ci. Pour cela, à été choisi l'outil ESQCV déjà présenté, celui-ci permet une vision exhaustive du produit. Le groupe peut donc en avoir une vue globale, ainsi que les impacts à privilégier.

(2) Une deuxième évaluation concerne les dimensions comportementales et sociales du produit. Cela a conduit à créer un tableau expliquant l'ensemble des points clés des dimensions comportementales et sociétales à prendre en compte. Pour chaque point clé, une définition et des exemples sont émis et des priorités sont données pour aider le groupe dans son évaluation.

Le tableau ci-dessous reprend le tableau d'aide à l'évaluation.

Points clés	Priorité faible F	Priorité moyenne M	Priorité élevée E
Bon usage (apprentissage /incitation)	- Le système implique naturellement une bonne utilisation	Le système est correctement utilisé	Mon système peut être facilement utilisé de manière irresponsable
Perception - Valeur d’estime	- La durée de vie du système ne dépend pas d’un effet de mode. - La durée de vie du système correspond à son obsolescence technique	Le système peut se renouveler régulièrement et donc dépend en partie de la valeur d’estime qu’on lui attribue.	- Le système est associé à un effet de mode - Le système peut se changer régulièrement Utilisateur, contact direct avec le système - Système directement en interaction avec l'utilisateur
Dynamisme local - Cohésion sociale	- Le système s’intègre bien dans son environnement local et est en cohérence avec le tissu social. - Le système est accessible au plus grand nombre	Un travail a été effectué pour mieux insérer le système dans son environnement	- Le système est mal intégré dans son environnement. - Le système ne transmet aucune valeur sociale et est réservé à un public limité.
Redéfinition du besoin	- Le système et ses composants se justifient parfaitement - Le système répond à un besoin concret de la société et ce besoin ne peut être satisfait de manière plus efficace	Une réflexion sur la pertinence du système a déjà été initiée	Le système ne se justifie pas et le besoin qu’il remplit peut être satisfait de manière plus efficace
Condition de travail	Un travail a déjà été effectué pour garantir de bonnes conditions de travail sur l’ensemble du cycle de vie	Peu de levier d’action et peu de lisibilité sur le cycle de vie du système	Aucune préoccupation sur les conditions de travail, sur le cycle de vie du système.

Figure 64 Exemple du tableau d’aide à la hiérarchisation des impacts

(3) Ces évaluations, à partir des dimensions à prendre en compte, sont complétées, graphiquement, par une matrice qui présente, sur ces deux axes, l’ensemble des « points clés » ; le but étant de les croiser afin de déterminer ceux qui sont interdépendants et qui, donc, présentent un intérêt particulier pour établir des correspondances et des réorientations (figure 65) (voir annexe 2).

		Environnement	Utilisateur	Sociétal
Environnement	Matière première	Zone A		
	Fabrication			
	Logistique			
	Utilisation			
Utilisateur	Fin de vie	Zone B	Zone C	
	Valeur d’estime			
	Apprentissage			
	Bon usage			
Sociétal	Perception	Zone D	Zone E	Zone F
	Incitation			
	Emploi			
	Condition de travail			
	Cohésion sociale			
	Besoin			

Figure 65 Matrice de réorientation

Comme nous l’avons constaté, l’entreprise n’ira généralement pas vers des approches comportementales et sociales. L’intérêt de cette matrice porte sur sa capacité à croiser les différentes

dimensions de l’éco-innovation, et donc à inciter le groupe à réfléchir sur les impacts de nature environnementale, sociale, et par rapport à l’utilisateur.

En croisant, à titre d’exemple, le point clé « matière première » et celui « apprentissage », la matrice permettra de réfléchir sur le lien entre les matières premières d’un produit et la sensibilisation sur l’environnement. Pour une meilleure lisibilité, cette matrice a été décomposée en zone spécifiques :

- Zone A : Cette zone vise à réfléchir sur les interactions possibles entre les différentes phases du cycle de vie, en particulier sur les risques de transferts d’impacts.
Par exemple, quelles sont les interactions entre la matière première de mon produit, et la logistique ?
- Zone B : Cette zone vise à réfléchir aux interactions possibles entre les points clés portant sur le domaine environnemental et les points clés du domaine utilisateur.
Par exemple, quelles sont les interactions entre la matière première de mon produit et le comportement de l’utilisateur ?
- Zone C : Cette zone vise à réfléchir aux interactions possibles entre les points clés portant sur le domaine utilisateur.
Par exemple, quels sont les interactions possibles entre le comportement de l’utilisateur et la perception qu’il a du produit ?
- Zone D : Cette zone vise à réfléchir aux interactions possibles entre les points clés de la dimension environnementale du produit et ceux de la dimension sociétale.
Par exemple, quelles sont les interactions possibles entre l’emploi local et la fin de vue du produit ?
- Zone E : Cette zone vise à réfléchir aux interactions possibles entre les points clés portant sur le domaine utilisateur avec les points clés du domaine sociétal.
Par exemple, quelles sont les interactions possibles entre la valeur d’estime de mon produit et les conditions de travail liées à la fabrication de mon produit ?
- Zone F : Cette zone vise à réfléchir aux interactions possibles entre les points clés du domaine sociétal.
Par exemple, quelles sont les interactions possibles entre la cohésion sociale entre citoyens et l’utilité de mon produit ?

Nous obtenons des couples de problèmes par zone, définissant une carte d’identité des problématiques potentielles de l’offre étudiée. A l’aide des évaluations établies, le groupe peut alors facilement mettre en place sa stratégie et identifier sa problématique à l’aide de la mindmap décrite précédemment.

b. Vers une redéfinition du « monde clos » d’ASIT

Après avoir identifié le problème à traiter, l’un des principes fondateurs d’ASIT concerne la condition du monde clos qui considère que la solution peut être générée à l’aide d’objets du « monde du problème », sans introduction de nouvelles ressources. Le choix de ces objets est donc important, et va conditionner la recherche de solutions.

La démarche engagée dans EcoASIT a consisté à orienter le groupe dans l’identification de ces différents objets en proposant de les décliner suivant leur cycle de vie et selon une approche développement durable (figure 66).

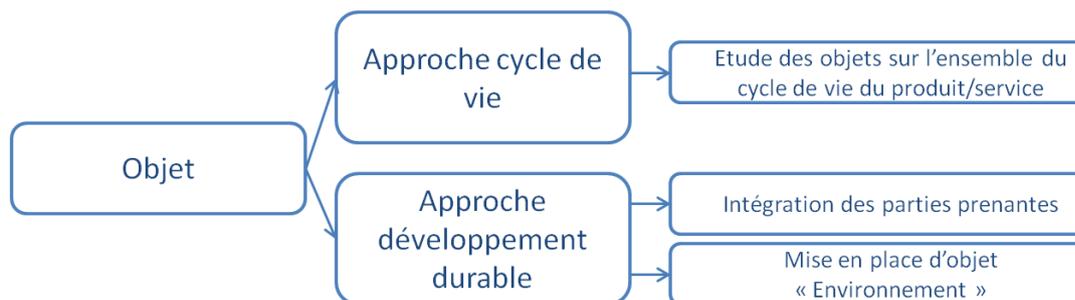


Figure 66 Principe des objets EcoASIT

Deux étapes dans l'identification et le choix des objets par le groupe sont à considérer :

(1) Une première étape, consistant à décrire les objets qui se rapportent directement, ou indirectement, au système étudié, et sur l'ensemble de son cycle de vie du système et en intégrant spécifiquement les parties prenantes du système, à savoir, celles qui influencent le système lui-même. Pour cela, a été élaboré le document suivant, afin d'aider le groupe dans sa description des objets du système sur le cycle de vie (figure 67).

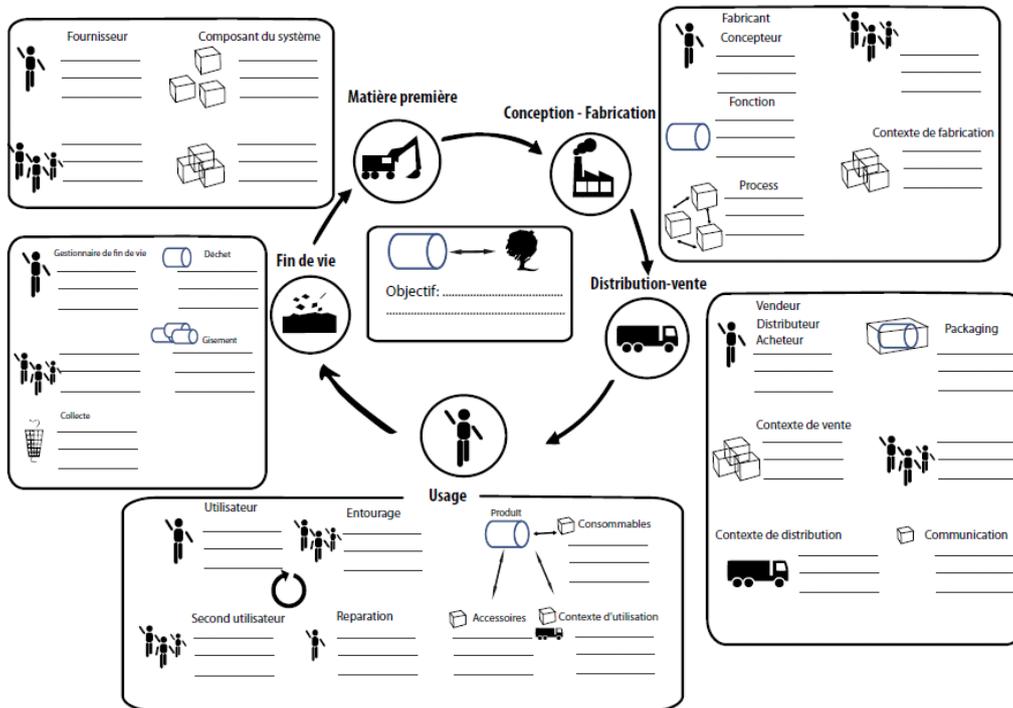


Figure 67 Première version du monde clos selon EcoASIT

Ce document permet donc de recenser l'ensemble des objets du « monde clos » EcoASIT sur les différentes étapes du cycle de vie du produit, qui permettent de définir le problème (ce document est mis en annexe 3). Sur chacune de ces étapes, des objets génériques ont été prédéfinis afin de faciliter le travail du groupe. Par exemple, dans la phase d'usage, nous appelons le groupe à définir des objets concernant divers consommables et accessoires du système, le contexte d'utilisation, ou encore des parties prenantes telles les utilisateurs potentiels, l'entourage, ou encore des parties prenantes liées à la réparation et maintenance du produit.

(2) Une deuxième étape, consistant à intégrer la dimension « Environnement » au sein du monde clos. Pour cela, un travail a été fait, lors de session créative, de mise en place des objets, aisément manipulables, à même d'introduire la notion Environnementale (au sens large du terme) dans la réflexion.

Nous avons ainsi élaboré un jeu de 6 objets représentant l'impact potentiel d'un produit sur son environnement :

- les ressources (eau, énergie, matières,...), les déchets (pollution,...), le milieu naturel, la culture locale, l'activité locale et la perception.

A partir des deux déclinaisons du monde clos (cycle de vie du produit et impact sur l'environnement), le groupe a donc en possession un ensemble d'objets, à manipuler lors de la phase de génération d'idées, pour générer de nouvelles solutions.

c. Travaux sur la génération d'idées : Introduction d'un nouveau mécanisme de stimulation

Dans un premier temps, la phase de génération d'idées était basée sur l'utilisation de l'ensemble des opérateurs ASIT : Unification, Suppression, Multiplication, Division et Casser la symétrie.

Nous avons par ailleurs mis en place un nouvel opérateur, inspiré notamment des logiques de combinaisons de SCAMPERR, ou de la matrice de découverte.

En effet, les mécanismes de stimulation de ASIT visent à travailler sur un objet en particulier afin d'engendrer des solutions innovantes. Il s'agit donc d'une vision linéaire de résolution de problème. Ainsi, à titre d'exemple, l'outil Unification va-t-il permettre de rechercher, pour un objet déjà existant, un nouvel usage.

Or, la démarche d'éco-innovation introduit une notion de cycle de vie du produit, et donc une approche temporelle nécessitant la construction de nouveaux scénarii, et un travail sur de nouveaux concepts de cycle de vie, approche qui nécessite de réfléchir sur l'interdépendance entre les différentes étapes du cycle de vie et les nouvelles combinaisons entre objets.

De plus, l'analyse de produits éco-innovants montre que de nombreuses solutions ont été le résultat de relations entre objets : l'écologie industrielle, la notion de Système Produit-Service.

Ces nouvelles relations entre les différents objets du problème (produit, environnement, utilisateur...) ont pour conséquence des modifications sur l'environnement et la société ; et il est donc important de concevoir ces relations (Mellick, 2004).

Une étude des opérateurs de ASIT ne permet donc pas de mettre en valeur ces nouvelles combinaisons, et il est donc nécessaire de créer un mécanisme supplémentaire pour favoriser cette logique.

Nous avons ainsi mis en place un nouvel outil : «Intégration», dont la finalité est de mettre en relation deux objets entre eux. Cet outil consiste à construire une phrase de stimulation du modèle suivant :

Mettre en relation {un objet 1} et {un objet 2} va me permettre d'atteindre mon objectif visé

(4) Tests sur la première version d'EcoASIT (tests 2 et 3)

Pour tester cette première version de l'outil, deux tests ont été réalisés. Ces deux premiers tests se sont déroulés au sein du centre d'accueil de la thèse, en présence des salariés du centre.

Ils se sont déroulés en 3 phases :

- une présentation des objectifs de la séance de 15min (objectif de la séance, principe de l'outil, présentation du cas d'étude) ;
- une session créative de 2h30 ;
- un débriefing dès la fin de la session.

Comme indiqué dans le tableau 34, les cas d'étude étaient fictifs, et présentés de la manière suivante :

« *Société spécialisée dans la fabrication de cabine de douches. La société s'occupe de l'assemblage de la cabine avec pour caractéristiques :*
- 1 site de production (Gironde, France)
- Vente en magasin spécialisé
- Produit à monter soi même
- Produit sans garantie
Aujourd'hui: Demande d'éco-conception pour une nouvelle gamme de produit

Ces deux tests ont répondu au même processus et leur analyse, pour chacun d'entre eux, a été réalisée à l'aide d'un questionnaire remis aux participants, ainsi que par un débriefing à chaud.

De ces tests, il ressort trois enseignements:

➤ Le premier concerne l'évaluation initiale du produit.

Elle est apparue relativement contraignante, et peu adaptée pour l'identification d'aspects prioritaires. La complexité de l'outil, due à la double lecture de la matrice (impact environnemental et

phase du cycle de vie) a rendu le groupe indécis, et peu confiant, sur les avantages d'utilisation de cet outil, ainsi que sur les résultats obtenus.

L'analyse des aspects sociétaux et comportementaux a été perçue comme difficile à faire, le groupe s'étant retrouvé sur la nécessité de simplifier les différents points clés. Le groupe a également eu tendance à réfléchir à ces aspects en les mettant tout de suite en relation avec une approche d'éco-conception, ce qui n'était pas le but dans ce cas présent.

➤ La matrice mise en place pour croiser les différentes dimensions a demandé un effort cognitif très important pour répondre à son objet. Chaque croisement des points clés était l'occasion de discussions intenses, à partir de réflexions peu maîtrisées par le groupe, lequel s'est positionné rapidement au-delà de la matrice. Une amélioration, proposée par les participants eux-mêmes, a conduit à préparer des phrases –type, afin de systématiser la démarche de la matrice.

➤ Enfin, pour ce qui est de la mise en place du monde clos à travers l'identification des objets, le retour des participants a mis en avant la complexité de déterminer les objets liés au produit sur les phases du cycle de vie, moins familière pour le groupe, et, plus particulièrement, la phase de fin de vie. Il en a été différemment sur les objets concernant l'impact sur l'environnement, qui n'ont pas posé de difficulté, le choix s'étant fait simplement.

Que retenir des principaux enseignements du test ?

- (1) Un premier enseignement : Le groupe a reconnu la quantité de travail et d'effort à fournir dans la phase de mise en place du problème. Avec, pour conséquence, une deuxième phase, celle de génération d'idées, qui n'a pu, faute de temps à y consacrer, être productive de conclusions pertinentes.
- (2) Un deuxième enseignement : La superposition de deux évaluations (évaluation environnementale et évaluation des aspects sociaux et comportementaux) et de la matrice pour identifier le couple de problèmes, est apparue trop longue. Elle a altéré la fluidité de l'outil, provoquant une incompréhension de l'objectif final, amenant l'un des participants à faire remarquer l'importance de provoquer des itérations entre les différents supports de l'outil, pour permettre une meilleure appropriation de l'outil et supprimer une approche « figée » de processus linéaire.
- (3) Un troisième enseignement : Le groupe a mis en valeur l'approche systémique de l'environnement et de la stimulation des approches environnementale et sociétale.

4.2.1.2. Version 2 : Outil flexible

L'approche précédente nous a permis d'élaborer une première version EcoASIT, et d'en tirer une double conclusion :

➤ La contradiction entre les problématiques que nous avons émises et les résultats rencontrés à l'issue des tests.

Le travail concernant la mise en place du problème a demandé, lors des tests précédents, un effort cognitif très important et un temps trop long, avec, pour conséquence, lors de la phase de génération d'idées, un groupe peu efficace et moins attentif aux différents mécanismes de stimulation proposés par l'outil. Or, l'un des objectifs de l'outil EcoASIT est de se focaliser sur la phase de génération d'idées, d'où la nécessité de rendre l'outil plus simple et efficace.

➤ Il est nécessaire de rendre plus flexible l'outil, flexibilité qui doit, à la fois, prendre en compte le système étudié, ainsi que les compétences du groupe intervenant sur ces problématiques.

a. Travaux sur la mise en place du problème : Le diagramme d'évaluation

Le deuxième prototype d'outil s'est donc axé sur deux modifications principales :

Nous avons cherché à simplifier la mise en place du problème. Pour ce faire, la matrice de croisement, qui s'avérait chronophage, a été écartée, avec pour conséquence, une réappropriation de l'approche adoptée par la méthode Eco-compass (cf. & 2.3.3.1).

Le test 1, qui sera présenté au chapitre 5 et qui met en œuvre cet outil, a en effet conforté l'intérêt de Eco-compass dans la mise en place du problème. La méthode Eco-compass propose, en effet, de consolider la mise en place du problème par un diagramme de flux entrants et sortants sur le cycle de vie du produit, et une évaluation du produit de référence par ce même diagramme.

Nous avons donc cherché à reproduire cette forme de diagramme, par l'utilisation d'une terminologie suffisamment vaste et parlante, pour être accessible au plus grand nombre.

Une deuxième version d'EcoASIT proposait donc d'évaluer le système à l'aide d'un diagramme en 5 axes, permettant d'identifier et de hiérarchiser les impacts environnementaux et sociaux du produit (figure 68). Le choix de ces 5 axes a été fait en reprenant les objets « Impact sur l'Environnement », ce qui a conduit à condenser les dimensions environnementale, sociétale et comportementale sur un diagramme commun.

- *Pollution du milieu naturel* : pollution des eaux, pollution de l'air, pollution des sols
- *Consommation de ressources* : consommation d'eau, d'énergie, de matières premières
- *Réponse aux usages* : le produit est-il adapté à son usage et répond-t-il aux besoins ?
- *Intégration dans l'Activité locale* : le produit favorise-t-il le dynamisme local ? (création de lien social, emploi, conditions de travail)
- *Cohérence avec la perception de l'utilisateur* : le produit est-il perçu comme système durable ?

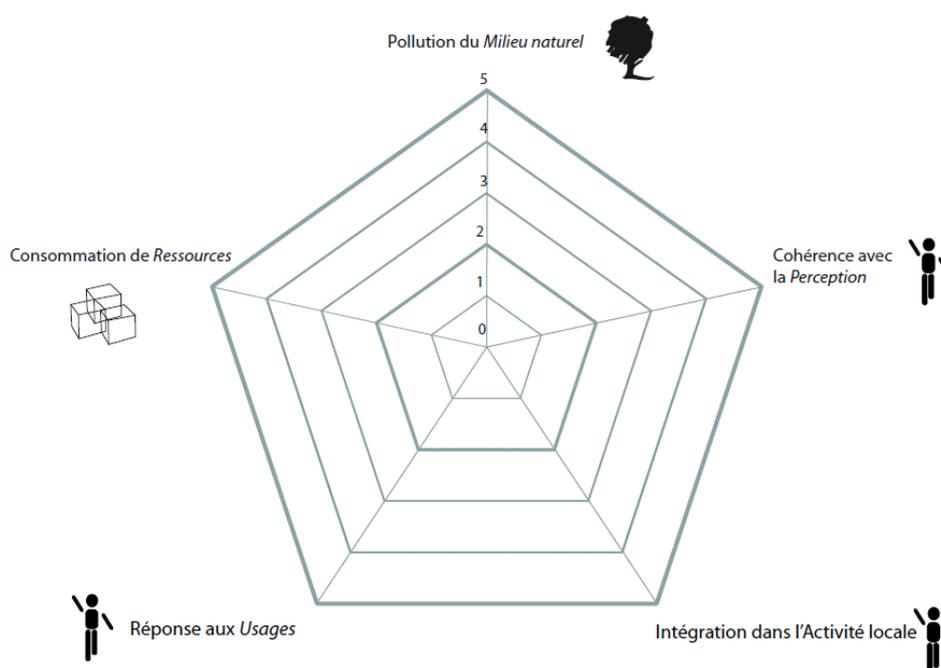


Figure 68 Diagramme d'aide à la formalisation de l'objectif

L'évaluation du système sur ces 5 axes permet de donner toute l'importance au problème, et d'identifier un objectif, sans trop de perte d'énergie, et d'effort dans cette phase, favorisant ainsi celle relative à la génération d'idées. Ce diagramme d'évaluation est directement relié à la mindmap exposée précédemment (cf. figure 62) dans le but de favoriser la formulation de l'objectif.

Afin de faciliter l'évaluation sur ce diagramme, nous avons en parallèle proposé un support capable de recueillir les données nécessaires sur les différentes étapes du cycle de vie du produit, à partir d'un produit-service référence. Ce support a pour but de favoriser le partage des informations dans le groupe et d'instaurer un langage commun entre les participants.

Ce support se présente sous la forme d'un cycle de vie du produit. Sur chacune des étapes du cycle de vie du produit, le groupe est interrogé, à partir de 4 questions reprises dans le tableau 35.

Question	Réponse visée
Qui ?	Quels sont les acteurs concernés par cette étape ? Quelles parties prenantes sont pris en compte ?
Quoi ?	Quel est l'objectif de cette étape ? Quels sont les modifications engendrées sur le produit-service concerné ?
Comment ?	Quels sont les flux entrant et sortants ? matières, énergies, eau
Où ?	Dans quels lieux se passe cette étape ?

Tableau 35 Questions proposées sur chacune des étapes du cycle de vie du produit-service étudié

La figure 69 illustre nos propos. A l'aide d'un jeu de pictogrammes communs entre ce support et le diagramme d'évaluation, le groupe peut ainsi faire le pont entre ces deux outils.

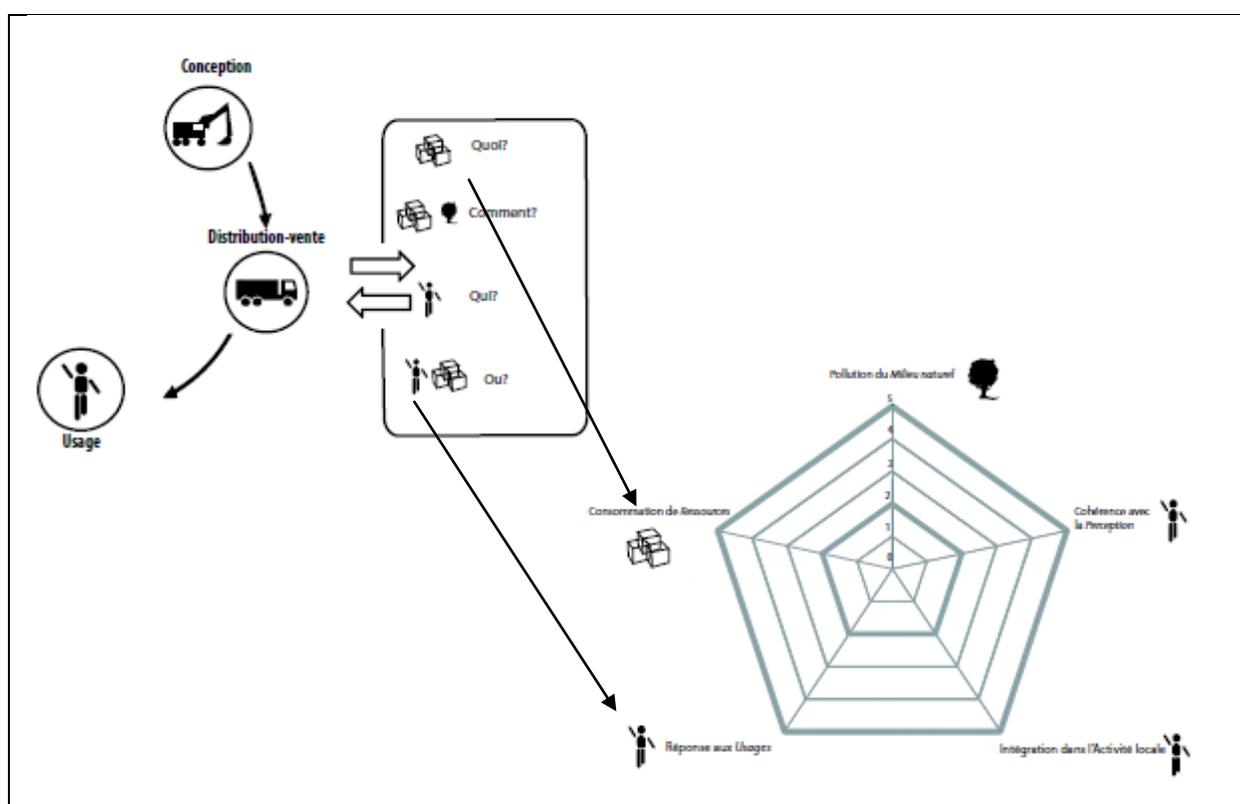


Figure 69 Relation entre le support de description du système et le diagramme d'évaluation

b. Flexibilité

➤ Dans un deuxième temps, le travail a surtout porté sur la flexibilité de l'outil, avec l'intégration des connaissances et des compétences du groupe dans le processus d'EcoASIT. En effet, l'expertise de la structure APESA-Innovation, dans la conduite de projet avec des PME, nous a permis de nous rendre compte de la nécessité d'adapter la réponse apportée par l'outil d'éco-innovation en fonction, non seulement, de la demande de l'entreprise, mais également de la connaissance du groupe sur le produit de référence.

Cela a conduit à chercher à définir ces deux paramètres :

Critère	Précis	Diffus
Demande	J'ai identifié ou imaginé un concept et souhaite intégrer les dimensions d'éco-innovation	Je souhaite trouver des concepts « d'innovation responsable »
Connaissance du produit	Je connais mon offre et ses principaux impacts environnementaux	J'ai une connaissance faible de mon système

Tableau 36 Paramètres envisagés pour conduire le processus d'éco-innovation

En croisant les deux critères, nous obtenons quatre possibilités de processus, que l'on retrouve dans la figure ci-dessous.

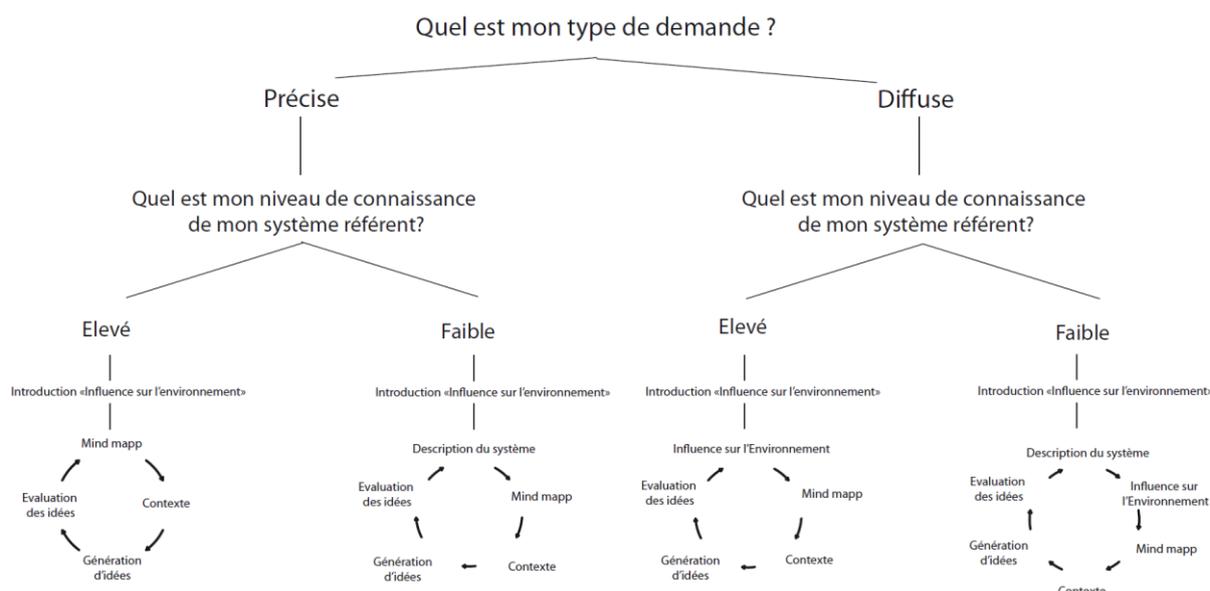


Figure 70 Intégration des critères « connaissances » et « demande » dans le processus EcoASIT

Ainsi, dans le cas d'une demande diffuse, par exemple une entreprise qui souhaite générer un nouveau concept éco-innovant, deux situations sont envisageables :

- *Une première situation* : l'entreprise connaît bien son système référence, à travers les impacts environnementaux du produit, ou encore, les différentes parties prenantes tout au long du cycle de vie du produit. Dans ce cas, le processus débute directement par le diagramme d'évaluation afin d'identifier l'objectif de la session. L'entreprise peut, en cas de besoin, s'aider de la mindmap, en regroupant les principaux problèmes pour ensuite définir les objets du monde clos, et entrer en génération d'idées suivant le même principe que la première version de l'outil.
- *Une deuxième situation* : l'entreprise connaît mal son système référence, ou souhaite le re-explorer. Dans ce cas, le processus débute par une description du système pour ensuite, évaluer son produit sur le diagramme d'évaluation. Le groupe peut alors identifier son objectif, définir les objets du monde clos, et entrer en phase génération d'idées suivant le même principe que la première version de l'outil.

Dans le cas d'une demande précise, par exemple une entreprise qui souhaite réduire la consommation de matières premières, deux possibilités sont envisageables :

- *Une première situation* : L'entreprise connaît bien son système de référence. Il est alors possible d'identifier, dès le début du processus, le problème et l'objectif de la session, en naviguant dans la mindmap prévue à cet effet, puis décrire le monde clos, et entrer en génération d'idées suivant le même principe que la première version de l'outil.

- *Une deuxième situation* : L'entreprise maîtrise mal son système de référence ou souhaite le re-explore, auquel cas le processus commence par une description du système, avant de passer ensuite sur la mindmap des problèmes suivant le même principe que la première version de l'outil.

c. Tests sur le premier concept d'outils : Exemple des tests 4 et 5

Afin de tester ce nouveau processus EcoASIT, nous avons procédé à deux tests réalisés une nouvelle fois au sein du centre d'accueil de la thèse, en présence des salariés du centre.

(1) Le premier test reposait sur un cas d'étude fictif, dont le sujet était le suivant :

« Trouver une éco-innovation sur la combinaison en néoprène, utilisée notamment par les pratiquants de sports de glisse ».

Ce cas d'étude correspondait à une demande diffuse (sans objectif identifié), et un produit bien connu par les participants.

(2) Le deuxième test présentait un cas relevant d'un projet industriel, dont le sujet était le suivant :

« Trouver une éco-innovation pour un nouveau concept de meuble pouvant être utilisé en intérieur et en extérieur ».

Ce cas d'étude correspondait à une demande précise (meuble intérieur/extérieur) et un produit peu connu des participants.

Les deux tests se sont déroulés en 2h30, et en deux phases : une présentation du processus EcoASIT, et une session créative.

Suite aux problématiques soulevées à l'occasion des deux tests précédents (une phase de mise en place du problème trop longue pour exploiter correctement la phase suivante de génération d'idées), l'objectif des tests était d'effectuer le processus EcoASIT dans son intégralité (mise en place du problème, génération d'idées, évaluation des idées).

Prenant en compte les caractéristiques des deux nouveaux cas d'études, deux processus ont été utilisés :

a. Le premier test, correspondant à la génération d'une éco-innovation au sujet de la combinaison Néoprène, reprenait le processus « Demande diffuse/ Produit connu ». En conséquence, le groupe s'est engagé directement sur le diagramme d'évaluation pour déterminer un objectif de la session et entrer en phase de génération d'idées (cf. figure 71). Dans la pratique, le groupe s'est donc appuyé sur ses connaissances pour lister l'ensemble des informations nécessaires sur chacun des 5 axes d'évaluation du diagramme, et a été ainsi à même de déterminer rapidement le profil du produit, proposé dans la figure ci-dessous.

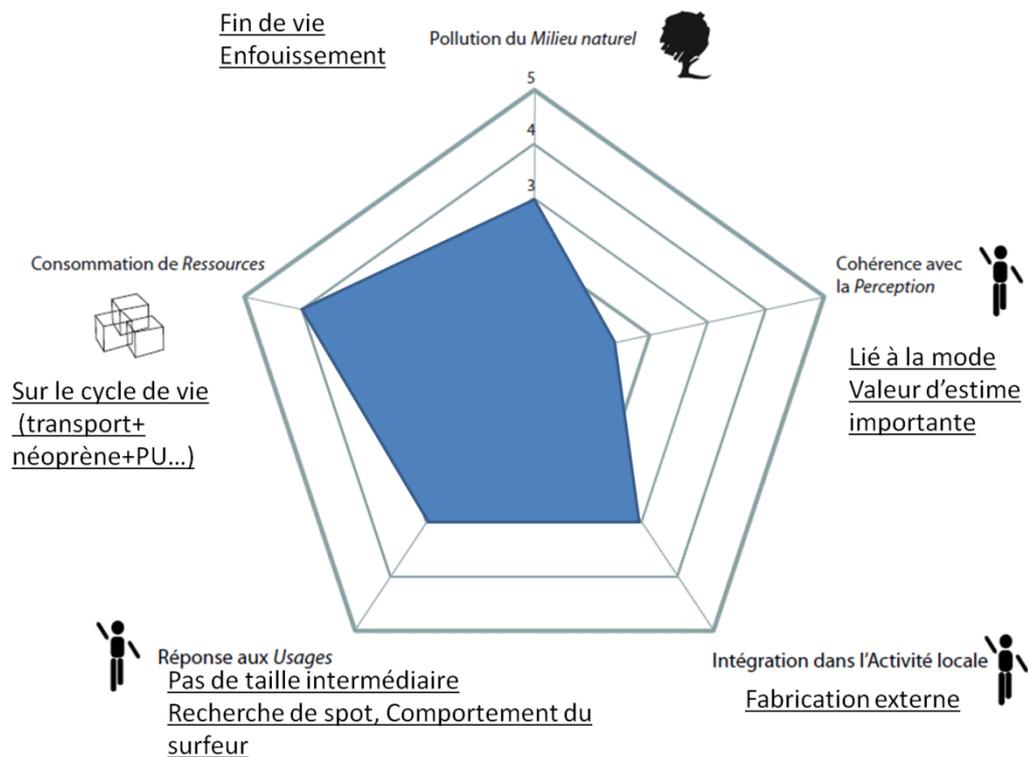


Figure 71 Evaluation proposée pour la combinaison en néoprène

Le groupe s'est ensuite accordé sur un objectif général : « Réduire la consommation de ressources ». Après avoir détaillé le monde clos, il a pu entrer en génération d'idées.

La mise en place du problème a donc été rapide et efficace, et surtout, a permis au groupe, en ayant une approche et une vision communes sur le problème soumis, de s'accorder rapidement sur celui-ci.

b. En ce qui concerne le deuxième test, une description préliminaire du produit était nécessaire afin de mieux préciser la demande initiale, et détailler de façon plus exhaustive le système.

La figure ci-dessous illustre le résultat.

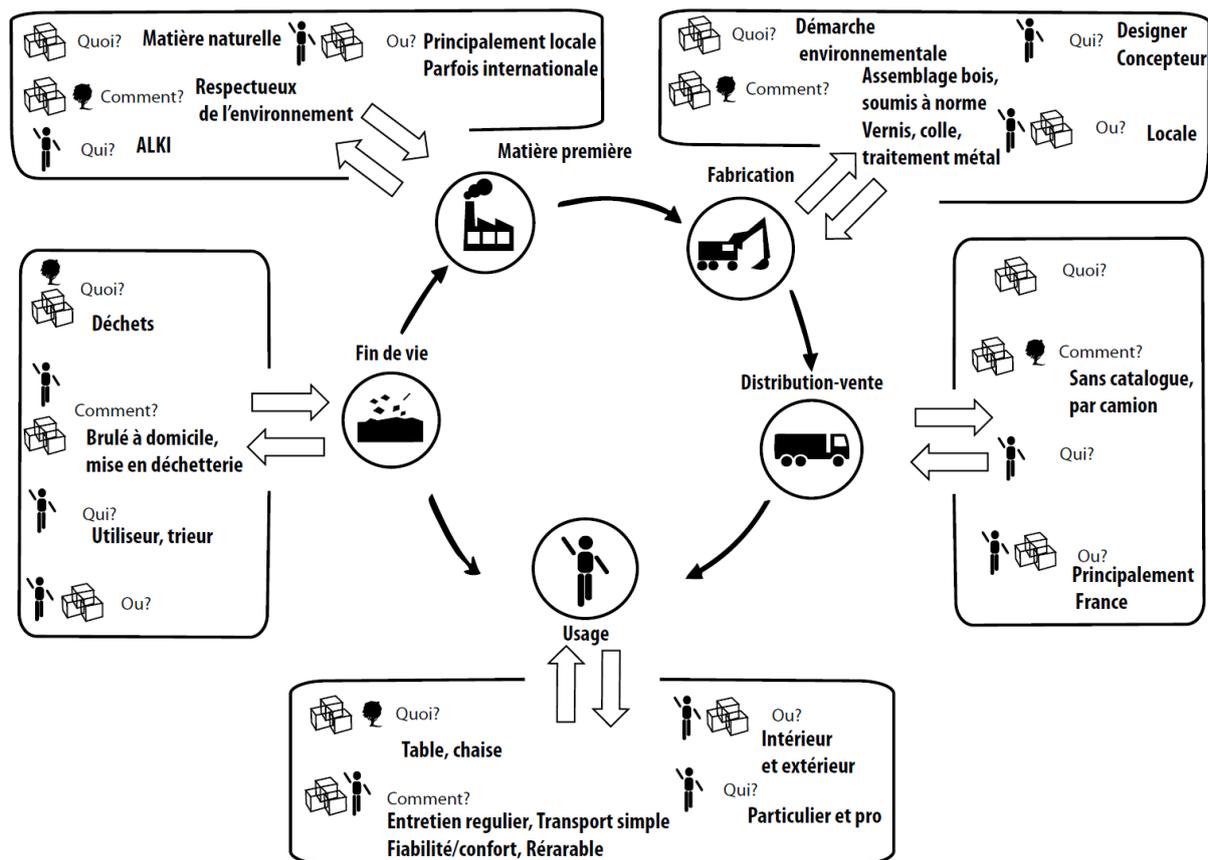


Figure 72 Description du problème pour le test du meuble de jardin

A partir de cette description détaillée, le groupe a été capable de décrire les objets du monde clos, et d'entrer en génération d'idées.

L'un et l'autre test ont été l'occasion de conforter l'intérêt qu'il y a de simplifier la mise en place du problème, ce qui a permis au groupe de s'accorder plus rapidement sur la définition de l'objectif de la session, tout en favorisant l'échange parmi les participants et, plus généralement, de comprendre et de s'approprier le processus, avec une conséquence d'importance pour le groupe : entrer plus rapidement en phase de génération d'idées.

Concernant plus précisément la phase de génération d'idées, ces tests ont montré l'intérêt du nouvel opérateur spécifique à EcoASIT, Intégration, lequel permet de forcer de nouvelles relations, notamment entre différentes phases du cycle de vie du produit, et ainsi, casser l'aspect linéaire du cycle de vie.

Néanmoins, ce nouvel opérateur demande un nombre conséquent de phrases, et multiplie ainsi les possibilités de phrases stimulantes, qui dépendent du nombre d'objets à manipuler. Cet opérateur crée donc un facteur aléatoire l'éloignant du caractère systématique et de « complétude » de ASIT, qui par le faible nombre d'objets utilisés et ses 5 opérateurs, permet plus facilement d'envisager l'ensemble des possibilités.

Connaissances générales issue du test

La flexibilité de l'outil semble intéressante, dans la mesure où elle permet de s'accorder plus simplement à la demande du groupe.

Le diagramme d'évaluation, permet au groupe de s'accorder plus rapidement, et de lui faire prendre conscience de l'approche globale de l'éco-innovation.

La simplification dans la mise en place du problème permet au groupe d'entrer plus rapidement en génération d'idées.

Les tests ont permis de conforter la nécessité d'une automatisation du processus.

La quantité d'objets du monde clos à manipuler est importante. La notion cycle de vie multipliant le nombre d'objets, il est nécessaire d'en réduire ce nombre.

4.2.2. 2EME APPROCHE : PROCESSUS INTEGRE (VERSION 3)

Suite aux deux tests précédents, nous avons pu montrer la nécessité d'optimiser le processus en travaillant sur l'articulation entre les différentes étapes du processus de l'outil EcoASIT.

Pour cela, nous avons travaillé sur l'introduction d'un outil issu de la méthodologie TRIZ, l'outil 9 écrans, ce nouvel outil ayant pour objectif de favoriser une approche plus systémique du produit-service étudié.

Cette approche s'articule autour de deux versions :

- Une version v3, dont la finalité est d'étudier l'impact de l'introduction de l'outil 9 en amont du processus EcoASIT ;
- Une version v4, permettant d'intégrer l'approche de cycle de vie dans l'outil 9 écrans. Cette version a par ailleurs permis une automatisation de la démarche.

4.2.2.1. Version 3 : Introduction des 9 écrans

Afin de faciliter la mise en place du problème, ainsi qu'une réflexion systémique, nous avons commencé par utiliser l'outil 9 écrans. Comme nous avons pu le voir précédemment, cet outil est issu des travaux d'Altshuller, et permet de recontextualiser le produit dans un cadre spatial et temporel. (Altshuller, 1988).

Il permet au groupe de positionner le système non seulement dans le temps (passé-présent-futur) mais également dans l'environnement au sein duquel il s'insère (sous-système / système / super-système). On obtient alors une vision globale du problème, dans ce cadre spatial et temporel, précédemment évoqué, et qui permet de prendre en compte les éléments souhaités.

L'intérêt d'utiliser cet outil pour cette représentation est double:

- il propose un cadre de réflexion pour expliquer les deux axes (niveaux systémiques / temps), de façon raisonnablement simplifiée (réduction à neuf cases) ;
- il favorise l'émergence de tendances d'évolution (par comparaison hier / aujourd'hui), permettant ainsi d'aider à mettre en place une stratégie pour les systèmes futurs. (Chambon et al., 2009).

Cet outil nous permet de décrire le système sur son cycle de vie de façon plus systématique, et de se projeter vers le système futur, dans le but de déterminer l'objectif de la session.

Il joue ainsi le rôle d'interface en formulant des questions, chaque écran introduisant alors un jeu de questions guidant les concepteurs vers l'identification du système et sa problématique.

Test expérimental sur la version 3 de EcoASIT

Afin de tester l'emploi des 9 écrans au sein du processus mis en œuvre dans EcoASIT, nous avons effectué un test au sein du technocentre de Renault sur l'un de leur projet. La séance s'est déroulée en 5 étapes :

1. Une définition du périmètre d'étude à l'aide des 9 écrans.

Le résultat obtenu est présenté dans la figure 73.

Super système	Début de la réglementation de réduction de Co2 Pas d'électronique	Unité avant Unité centrale Mobilité – Service après-vente	Voiture avec plus de vie à bord Service Location de voiture Electrique Voiture plus fonctionnelle Modularité
Système	Chassis + carrosserie	Module face avant – Identité, design	Réglementation à l'échéance 2020
Sous-système	Capot non ouvrable, Sens de l'ouverture du capot, Roue de secours à l'avant, Aérodynamique : radiateur plat, Aile plastique, Cylindré du moteur	Bouclier, Pare Brise, Tablier, Compartiment, Aile, Longeron Accessoires (phare/clignotant/essuie-glace), Moteur – Ventilateur, radiateur Roue, Carénage	
	Passé	Présent	Futur

Figure 73 Résultat de l'étape sur les 9 écrans

2. Une définition de l'objectif de la session.

A l'aide du diagramme d'évaluation déjà présenté, nous avons défini l'objectif, à savoir : Réduire le poids du véhicule.

3. Une mise en place du monde clos d'EcoASIT.

Cela s'est traduit par l'énumération de l'ensemble des objets sur le cycle de vie du système. Le résultat est présenté dans la figure 74.

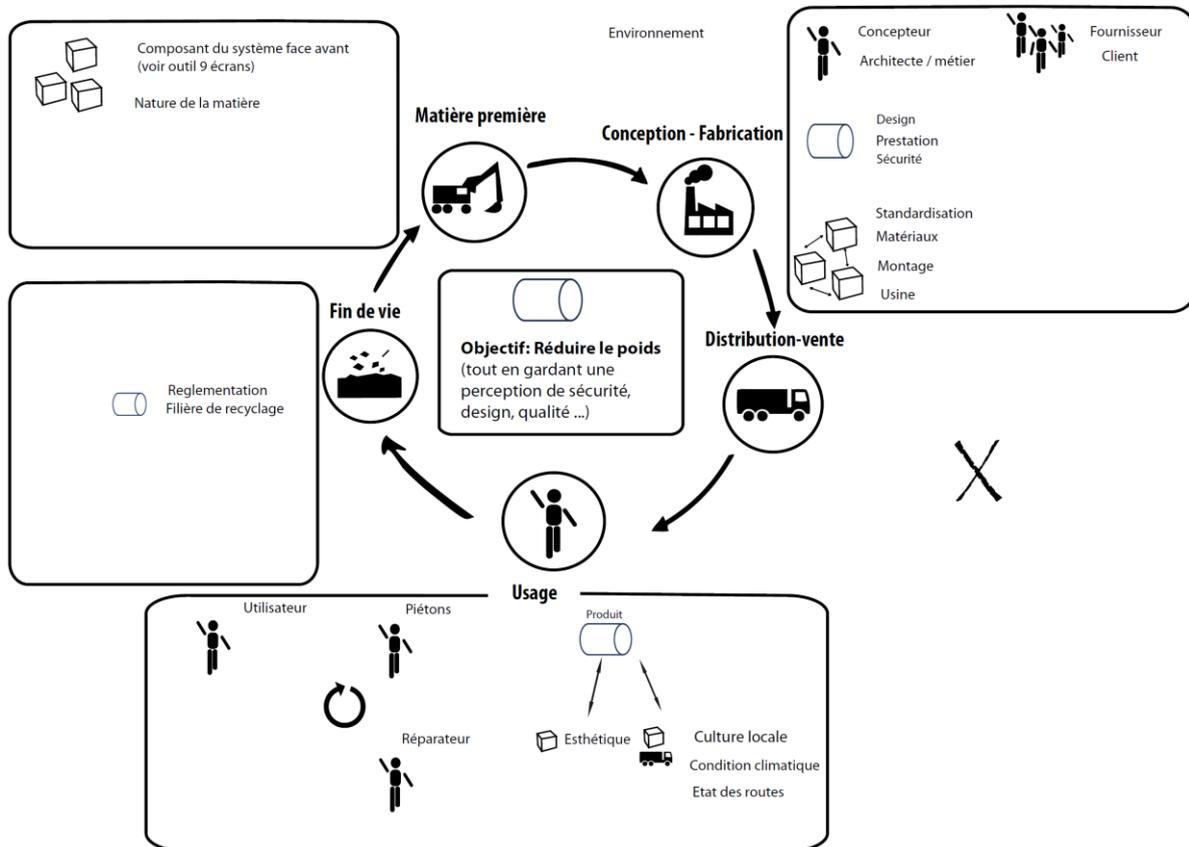


Figure 74 Monde clos pour le test Renault

4. Une génération d'idées à l'aide des outils Suppression et Intégration.

Ainsi, la génération d'idées a été faite par l'énonciation de phases stimulantes, avec lesquelles le groupe a pu entrer en brainstorming, à titre d'exemple:

- Supprimer le moteur va réduire le poids de la voiture ;
- Supprimer les prestations (radiateur/climatisation/ouverture capot) va réduire le poids de la voiture ;
- Mettre en relation les ailes et les feux va réduire le poids de la voiture.

5. Une évaluation des idées

Ce test s'est effectué dans un délai extrêmement court, ce qui n'a pas permis d'utiliser pleinement les différents outils en phase de génération d'idées. Néanmoins, nous avons pu faire le constat des effets positifs de l'utilisation des 9 écrans, notamment par la mise en commun dans le groupe projet du périmètre d'étude envisagé.

Le groupe a réussi la mise en place de la problématique (définition du périmètre, du problème, de l'objectif, des objets...), mais n'a pu que passer très peu de temps en génération d'idées (moins d'1 heure). Les principes d'EcoASIT n'ont donc pas pu être utilisés de manière optimale (10% seulement), ce qui a laissé un sentiment d'approche inachevée en fin de session.

A retenir également, comme effet positif, que, le groupe s'est montré réactif, avec des échanges constructifs et intéressants entre les différents métiers, ce qui laisse à penser qu'avec une durée supplémentaire sur la phase de génération, la session créative aurait été plus efficace.

4.2.2.2. Version 4 : Approche intégrée

Nous avons, dans la continuité de nos recherches, abordé le processus de l'outil EcoASIT sous un deuxième angle, étant rappelé que les premiers tests présentés dans une première approche avaient mis en évidence la complexité de l'outil EcoASIT, complexité résultant d'une superposition d'outils « périphériques » rendant le processus global de EcoASIT difficilement compréhensible.

Dans cette nouvelle approche, nous avons introduit, en reprenant la version précédente, l'outil 9 écrans, donnant ainsi une vision plus globale du problème. Cette nouvelle approche, à partir de la précédente version, a consisté :

- d'une part, à réintégrer la notion de cycle de vie dès l'outil 9 écran ;
- d'autre part à rechercher une automatisation du processus pour simplifier la démarche, et faciliter l'intégration de l'outil en entreprise.

Il y a lieu d'observer, à ce sujet, le nombre conséquent d'outils d'innovations présent sous la forme informatique : logiciel CREATRIZ²⁸, logiciel EcoMAL'IN (Samet, 2010). Lindhal montre par ailleurs, au sujet des outils d'éco-conception, que l'informatisation de ces outils est un critère d'appropriation de l'outil par les concepteurs (Lindhal, 2005).

Nous avons donc cherché à combiner de manière efficace, la mise en place du « monde clos » avec l'identification du problème et, à ces fins, nous nous sommes appuyés, sur l'outil 9 écrans comme interface commune pour l'étape de mise en place du problème, cette approche devant permettre de guider, de manière plus intuitive, l'utilisateur.

a. Travaux sur la mise en place du problème et la définition du monde clos:

La figure 72 permet de comprendre l'utilisation de l'outil 9 écrans dans le processus EcoASIT, chacun des écrans renvoyant à une phase du processus, et permettant de décrire les objets du monde clos et le problème.

²⁸ Suite Innovation CREAX

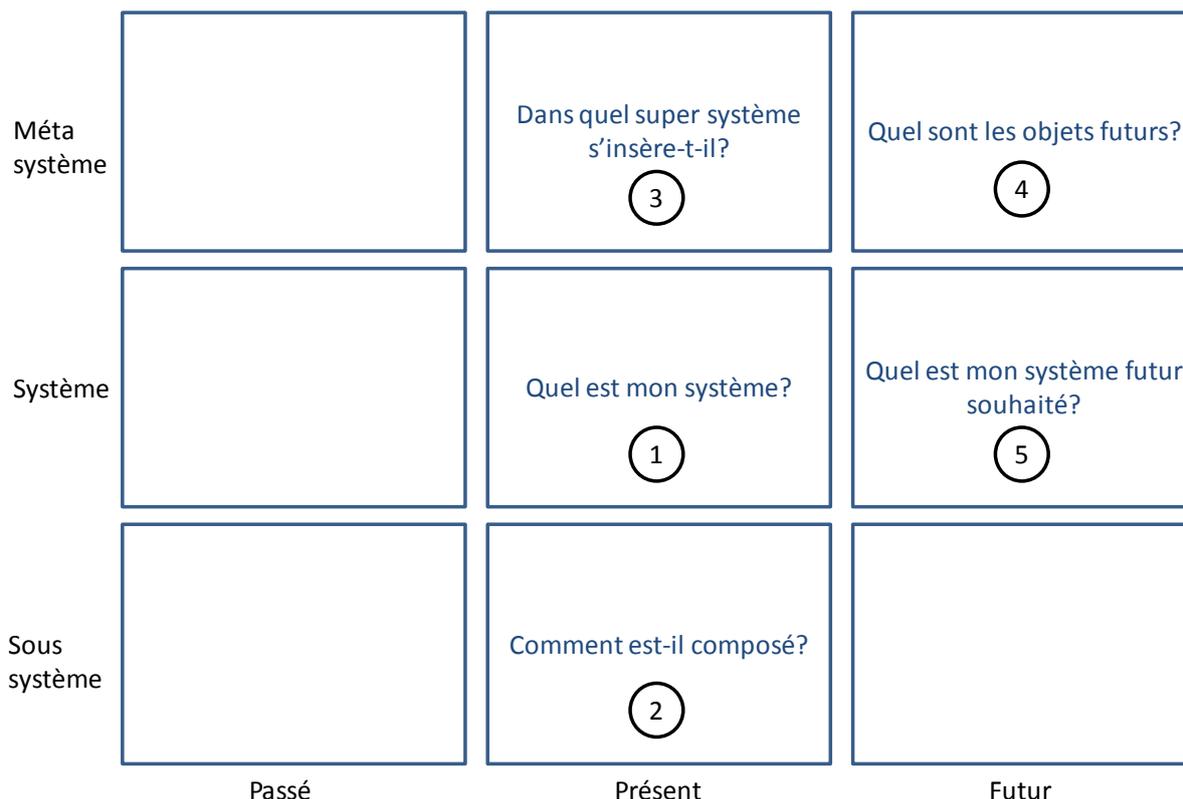


Figure 75 Interface type « 9 écrans »

(1) 1^{ère} étape : Ecran *Système Présent*.

Cet écran renvoie directement à une fiche de récolte de données permettant de décrire le système de référence actuel. Les données récoltées correspondent aux objets du monde clos, et le groupe est amené à réfléchir sur les utilisateurs du produit, les consommables et les accessoires liés au produit.

(2) 2^{ème} étape : Ecran *Sous système présent*.

Cet écran renvoie directement à une fiche de récolte de données permettant de décrire les composants du système (matières premières, ...). Les données récoltées correspondent aux objets du monde clos.

(3) 3^{ème} étape Ecran *Méta système présent*.

Cet écran permet d'élargir la vision de l'utilisateur au cycle de vie du produit. Il propose de décrire les différentes phases du cycle de vie du système, à savoir les objets et parties prenantes qui interviennent tout au long de ce cycle de vie.

Cet écran renvoie aussi, en parallèle, à l'environnement du système, lui permettant ainsi de décrire les objets du monde clos lié à l'environnement (les ressources, les déchets, le milieu naturel, la culture locale, l'activité locale et la perception).

(4) 4^{ème} étape Ecran *Méta système futur*.

Dans cette nouvelle version, nous avons cherché à introduire dans EcoASIT des objets qui ne sont pas directement liés au système, mais qui pourraient l'être dans le futur. En effet, Niemann montre l'intérêt d'intégrer tout élément « futur » pour l'élaboration de nouveaux concepts de cycle de vie (Niemann et al. 2009). Par la mise en place de ces objets, nous amenons le concepteur à réfléchir sur l'évolution du contexte dans lequel sera inséré le futur concept.

Ces quatre premiers écrans permettent d'obtenir les objets du monde clos qui sont appelés à être utilisés lors de la phase de génération d'idées.

(5) 5^{ème} étape *Ecran Système futur*

Ce dernier écran a pour finalité de mettre en place l'objectif de la session, qui correspond à une stratégie pour le futur produit. Cet écran fait donc directement référence au diagramme d'évaluation précédemment décrit.

A la suite de l'utilisation des 9 écrans, et de ces 5 étapes, l'utilisateur peut entrer en génération d'idées. La figure 76 ci-dessous illustre ainsi l'interface mise en place pour guider l'utilisateur dans sa mise en place du problème et sa génération d'idées.

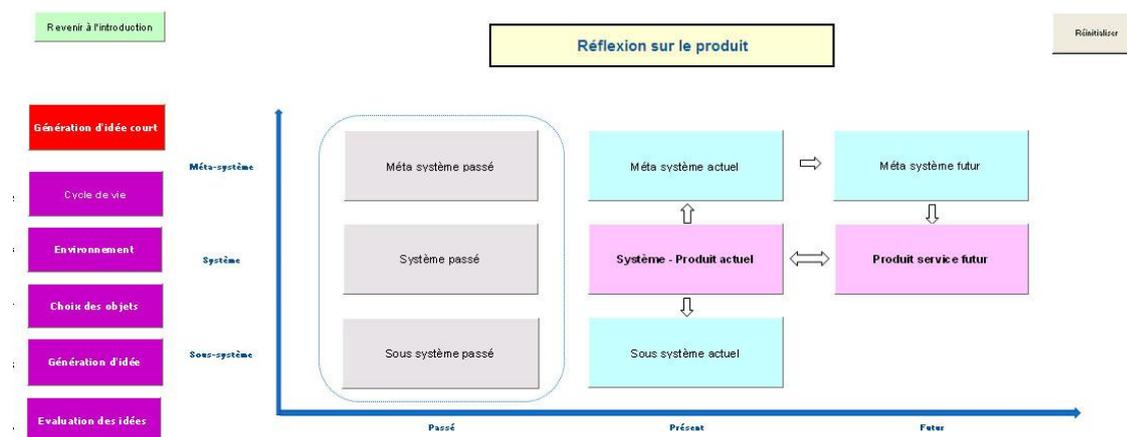


Figure 76 Interface Excel pour l'outil EcoASIT version 4

Cette approche intégrée n'a pas été testée. Elle est donc encore au stade expérimental et reste désormais à valider et à compléter dans de futures recherches. L'architecture de cette version a néanmoins permis d'initier rapidement un premier prototype. Le prototype testé (version 5) consiste en une simplification radicale de la démarche.

C'est le sujet du prochain paragraphe, qui propose un premier prototype de référence sur l'outil EcoASIT.

4.3. PROPOSITION D'UN PREMIER PROTOTYPE D'OUTIL ECOASIT (VERSION 5)

Nous proposons dans ce paragraphe de décrire le processus de l'outil EcoASIT version 5 qui a été validé par le partenaire industriel.

Cette version de l'outil a abouti à deux versions, une première version étant une version papier, et l'autre version, informatisée qui a été développée dans le cadre d'un stage au sein de la structure d'accueil APESA-Innovation.

Ce prototype a été évalué par une série de tests internes, qui seront décrits au chapitre 5. Nous y retrouvons les principales composantes relevées dans les deux précédentes.

Le processus EcoASIT reprend donc les données de base d'un outil de créativité, tout en y ajoutant une dimension durable. Le processus de l'outil (Figure 77) comprend une phase de formalisation du problème, qui permet de définir les frontières du système soumis à l'étude, et d'élaborer une stratégie de réflexion avec le groupe, phase initiale suivie par une phase de génération d'idées, durant laquelle le groupe va chercher à déformer le système pour atteindre l'objectif souhaité, à l'aide de mécanismes de stimulation appropriés.

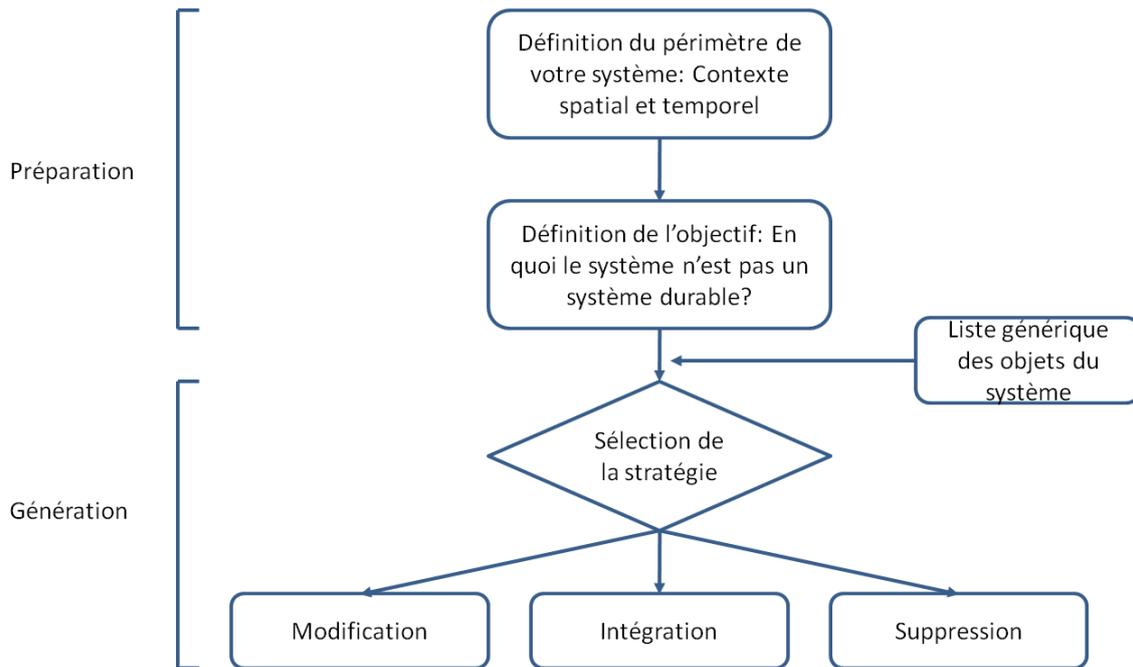


Figure 77 Processus EcoASIT

○ Préparation

- ✓ 9 écrans (outil non spécifique à EcoASIT)

La démarche d'éco-innovation demande de positionner le problème à des niveaux systémiques élevés. Pour cela, elle nécessite de définir clairement le système étudié, son contexte d'utilisation, et les frontières de l'étude.

Nous avons donc entrepris de conserver l'outil 9 écrans de TRIZ de la version 4 afin de favoriser ce positionnement.

En effet, comme nous l'avons vu, cet outil est issu des travaux d'Altshuller et permet de recontextualiser le produit dans un cadre spatial et temporel. (Altshuller, 1999). Il permet au groupe de positionner le système dans le temps (passé-présent-futur) mais aussi dans l'environnement dans lequel il s'insère (sous-système / système / super-système).

Selon Chambon, l'outil « suscite la réflexion sur le cadrage du projet, notamment sur le positionnement dans le sens vertical, question qui, dans le cas d'une reconception, pourrait être "zappée" par la reconduction pure et simple du périmètre de la solution initiale » (Chambon et al, 2009).

Il permet ainsi au groupe de définir les frontières du système qu'il souhaite étudier, ainsi que le niveau de remise en cause de ce système. On obtient alors une vision globale du problème, dans un cadre spatial et temporel, permettant de prendre en compte les éléments souhaités.

- ✓ Définition d'un objectif : Produit idéal final

Comme nous avons pu le voir, l'outil ASIT ne propose pas d'aide à la formalisation du problème. Il n'est pas dépendant non plus des connaissances du groupe, contrairement à TRIZ (Horowitz, 1999).

Par conséquent, l'outil EcoASIT nécessite de formaliser le problème en éco-innovation. Nous avons donc repris, et travaillé à nouveau, le premier diagramme mis en place dans la version 3 afin de l'orienter sous l'angle du résultat idéal final proposé dans les outils issus de TRIZ.

Ainsi, après avoir défini le cadre du problème, EcoASIT va proposer une évaluation du système de référence à l'aide d'un diagramme comprenant 5 axes d'approche. Ce diagramme va permettre d'identifier et de hiérarchiser les conditions qui font que le système actuel n'est pas un système idéal et durable (figure 78).

Ces cinq axes correspondent à 5 problématiques majeures, à savoir :

- Le système consomme des ressources naturelles (eau, énergie, matière)
- Le système génère des déchets et/ou pollutions
- Le système ne participe pas au dynamisme local (emploi, cohésion sociale, accessibilité)
- Le système n’est pas perçu comme système durable (esthétique, valeur d’estime)
- Le système ne correspond pas aux usages

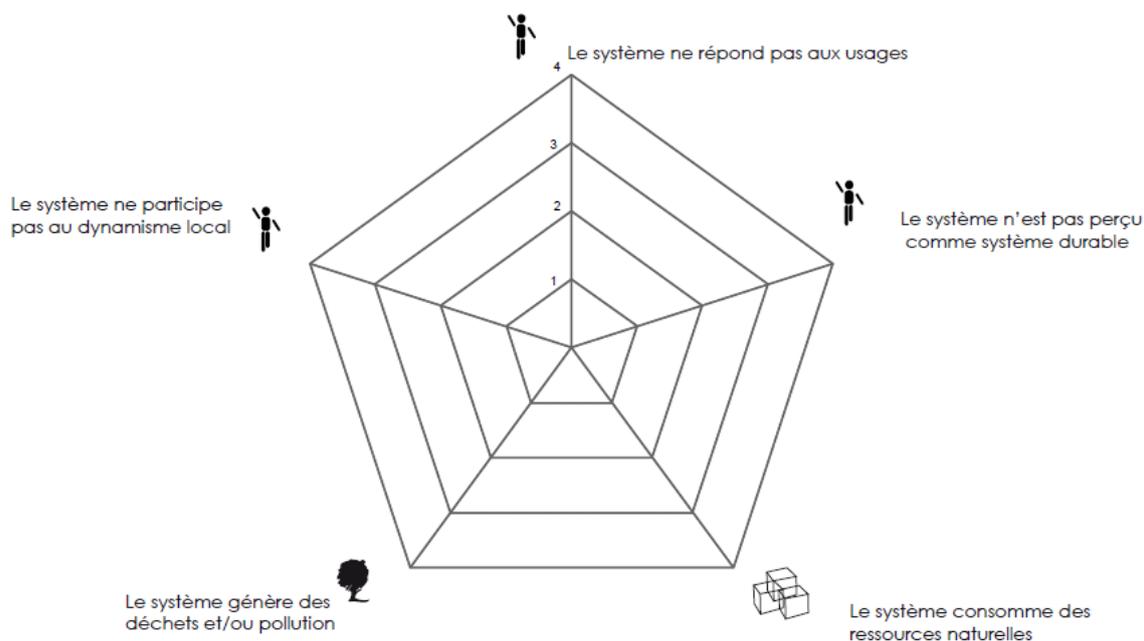


Figure 78 Diagramme d’évaluation EcoASIT

L’évaluation du système sur ces 5 axes permet donc de formaliser rapidement le problème et d’identifier un objectif, sans laisser trop d’effort en la formalisation du problème, mais plutôt donner la priorité dans la génération d’idées.

A partir de cette évaluation, l’utilisateur pourra se référer à la mindmap des problèmes, décrite précédemment, venant alors en aide dans l’élaboration de son objectif.

✓ Principe du monde clos.

La méthode ASIT nécessite de formuler un problème initial en décrivant le « monde du problème » par le recensement des « objets du problème » et les « objets de l’environnement ». Cette condition amène à proposer un cadre de réflexion, à l’intérieur duquel les solutions pourront être générées.

Ceci nous amène à simplifier la démarche de mise en place du monde clos des versions précédentes. Dans cette optique, contrairement à ASIT où les objets sont formulés par le groupe, dans la version EcoASIT, les objets du problème sont prédéfinis afin d’orienter directement les solutions vers des concepts éco-innovants.

La formulation de ces objets se fait par application de deux principes d’éco-innovation : le cycle de vie d’un produit et la description de l’impact de ce produit sur l’environnement, avec prise en compte de ses impacts environnementaux, sociaux, et économiques.

Le tableau 37 reprend ainsi les objets du « monde du problème ».

Objets du cycle de vie	Objets de type impact
Les matières premières, la production, la distribution-vente, l’utilisation, la fin de vie	Les ressources naturelles, les déchets, l’usage, la perception du produit, l’activité locale

Tableau 37 Objets dans EcoASIT

En regroupant certains objets « similaires » (ainsi, la « *matière première* » et les « *ressources naturelles* », qui font référence à une thématique commune), EcoASIT propose un « monde du problème » générique composé des objets suivants (figure 79) :

Les ressources naturelles (Eau-énergie-matières premières), la production, la distribution-vente, les déchets, la perception, l'utilisation-usage et l'activité locale.

Il s'agit d'une différence majeure par rapport à ASIT. Autant la méthode initiale demande au groupe de formaliser les objets en fonction du problème, autant la méthode EcoASIT propose des objets génériques. Ces objets vont ensuite être utilisés en génération d'idées, générant eux-mêmes des concepts innovants.

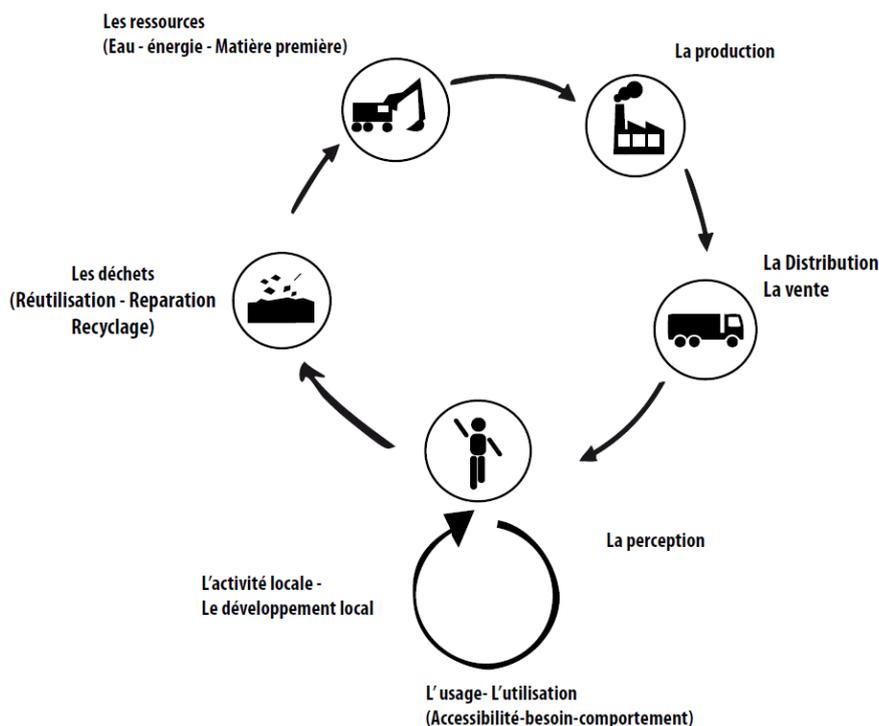


Figure 79 Le monde du problème dans EcoASIT

o Génération des idées

L'outil EcoASIT utilise les 2 stratégies d'ASIT pour stimuler le groupe en proposant des phases -type permettant de déstructurer le problème.

Il y a lieu de souligner que les opérateurs de ces deux stratégies ont été adaptés à l'éco-innovation:

- La stratégie extension qui cherche à résoudre le problème en modifiant l'usage d'un objet existant.

Outil Modification :

Modifier {les ressources naturelles, la production, la vente, les déchets, la perception, l'utilisation et l'activité locale} **va me permettre** d'atteindre mon objectif visé.

- La stratégie restructuration qui cherche à résoudre le problème en enlevant un objet du système, ou en mettant en relation deux objets.

Outil Suppression :

Supprimer {les ressources naturelles, la production, la vente, les déchets, la perception, l'utilisation et l'activité locale} **va me permettre** d'atteindre mon objectif visé.

Outil Intégration :

Mettre en relation {les ressources naturelles, la production, la vente, les déchets, la perception, l'utilisation et l'activité locale} **et** {les ressources naturelles, la production, la vente, les déchets, la perception, l'utilisation et l'activité locale} **va me permettre** d'atteindre mon objectif visé.

- *Support de l'outil : Version « papier » et Informatisation de la démarche*

A partir du processus mis en place, nous avons développé un outil directement sous la forme papier, afin de faciliter son accès et souligner le caractère simple et rapidement utilisable, de cet outil. Ce document se présente sous forme de lignes directrices directement utilisable en entreprise, afin de favoriser une diffusion en libre accès de l'outil. Ce document est présent dans l'annexe 4.

Par ailleurs, comme nous avons pu le voir, cet outil est issu d'une simplification de l'outil informatique mis en place sur la version 3, dans le but de faciliter son intégration en entreprise et automatiser le processus.

Cette version finale a donc été déclinée sous version informatique, à l'aide du tableau Excel, et optimisée par la suite au sein du centre APESA-innovation²⁹.

Cette version informatique présente un premier avantage, celui d'être plus ergonomique, en permettant à l'utilisateur de dérouler le processus de l'outil de façon intuitive, et un deuxième avantage, celui d'être suffisamment flexible pour permettre à l'utilisateur de l'adapter selon ses besoins (notamment dans le choix des objets à utiliser).

La figure 80 ci-dessous illustre l'une des pages de l'outil informatique Excel dédiée à la mise en place d'EcoASIT. L'utilisateur est appelé à évaluer sur une échelle de 1 à 5 le produit de référence sur les 5 axes précédemment décrits. Cette évaluation consiste à s'interroger sur les causes de non durabilité du produit.

L'outil propose ensuite différentes pages permettant d'aider l'utilisateur dans son choix, à partir d'exemples ou de définitions. Puis, le résultat de son évaluation apparaît directement sur le diagramme d'évaluation permettant ainsi d'établir une cartographie du produit. Afin de déterminer l'objectif de la session, l'utilisateur peut s'inspirer d'onglet apparaissant à côté des 5 pictogrammes du diagramme. Ces onglets sont issus de la mindmap des problèmes et proposent différents axes de travail.

²⁹ Rapport de stage ESTIA de Bastien Moulina, 2010

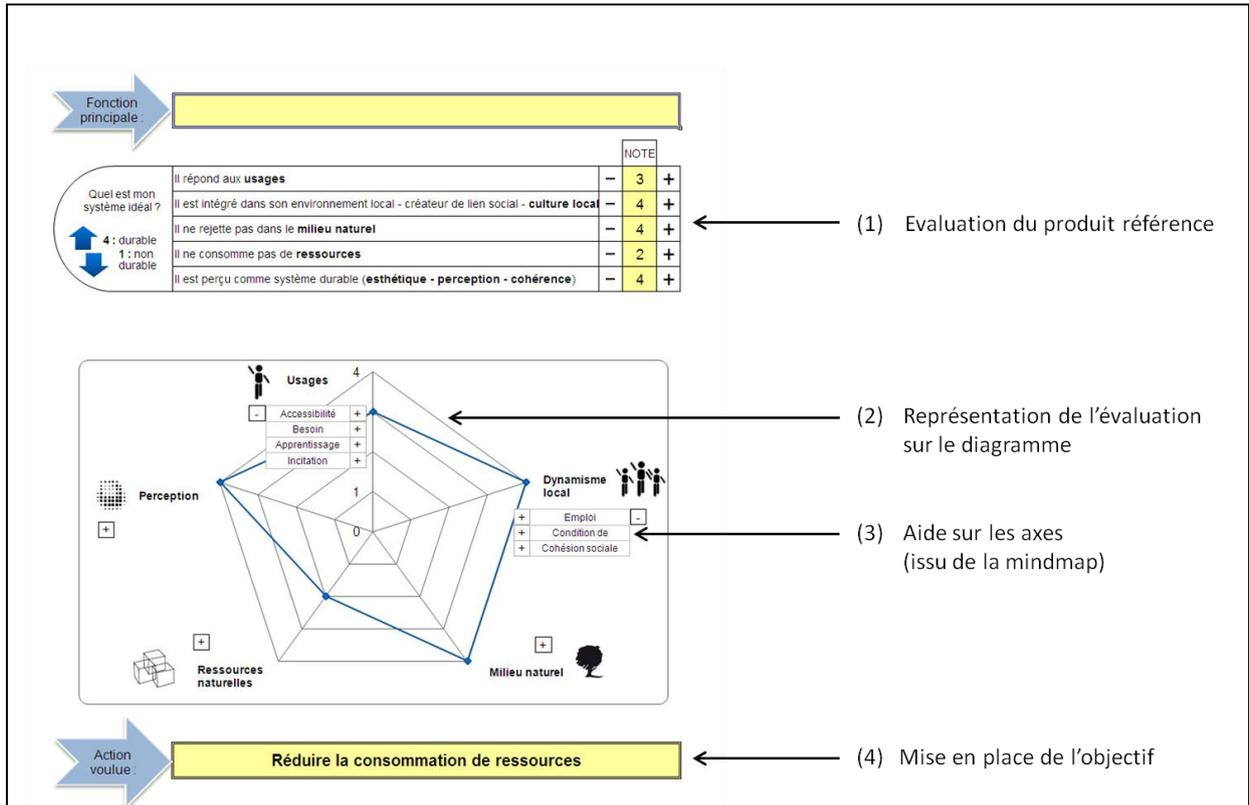


Figure 80 Diagramme d'évaluation dans la version informatisée

La figure ci-après correspond à l'une des pages de l'outil sur la phase de génération d'idées (dans le cas présent, l'outil Modification). Les phrases de stimulation sont générées automatiquement à l'aide des 7 objets génériques définissant le monde clos d'EcoASIT. L'utilisateur peut ainsi uniquement se concentrer sur la génération des idées.

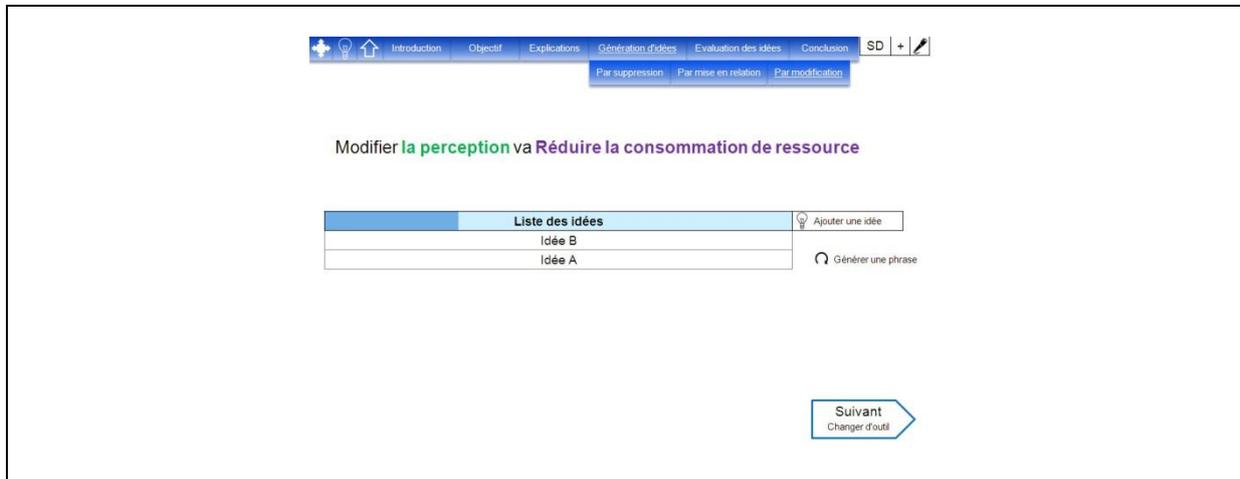


Figure 81 Phase de génération d'idées dans la version informatique

4.4. SYNTHESE SUR LE DEVELOPPEMENT DE ECOASIT

4.4.1. SYNTHESE DE LA DEMARCHE

Dans ce chapitre, à travers le développement de l'outil EcoASIT, nous avons présenté un premier prototype d'outil d'éco-innovation focalisé sur la phase de génération d'idées.

Pour ce faire, nous avons adapté l'outil initial de créativité ASIT en utilisant les principes d'éco-innovation que sont la notion de cycle de vie, l'approche systémique, et la stimulation sur les différents axes du développement durable.

Les deux premières approches ont nécessité une transformation de l'outil ASIT en un outil d'éco-innovation, après intégration de divers outils « périphériques » comme la matrice type QFD, ou encore le diagramme d'évaluation, et en modifiant le processus de ASIT, à travers une déclinaison du monde clos, et la mise en place de l'opérateur « Intégration » en phase de génération d'idées.

Ces transformations et modifications ont eu pour objectif d'aider le groupe à appréhender la complexité de la thématique de l'éco-innovation, en favorisant une étude du problème plus approfondie avant d'entrer en phase de génération d'idées.

A ces fins, nous avons défini trois dimensions au regard du problème : une dimension environnementale, une dimension sociétale, et une dimension axée sur le comportement de l'utilisateur. A partir de ces trois dimensions, nous avons souhaité orienter le concepteur vers l'identification des relations pouvant exister entre celles-ci.

Nous avons par la suite développé l'outil pour le rendre plus flexible, afin qu'il puisse s'adapter, dans les meilleures conditions d'utilisation, aux besoins des concepteurs, à leurs demandes, et à leur connaissance du produit.

Puis, une nouvelle version de l'outil EcoASIT (v4) s'est articulée autour d'une automatisation du processus, avec, pour incidence, l'introduction de l'outil 9 écrans comme interface, nous permettant ainsi d'intervenir sur différents niveaux systémiques du produit/service, et d'introduire une notion d'« objet futur » du monde clos.

La figure ci-dessous (figure 82) reprend de manière synthétique le parcours suivi lors de notre recherche.

L'outil utilisé étant présenté à travers 3 approches distinctes, nous avons représenté son développement en s'inspirant du modèle de la théorie C-K (Hatchuel et al., 2009), qui distingue, dans le processus de conception, l'ensemble des concepts et l'ensemble des connaissances.

Chapitre 4 – DEVELOPPEMENT D'ECOASIT, UN NOUVEL OUTIL D'ECO-INNOVATION

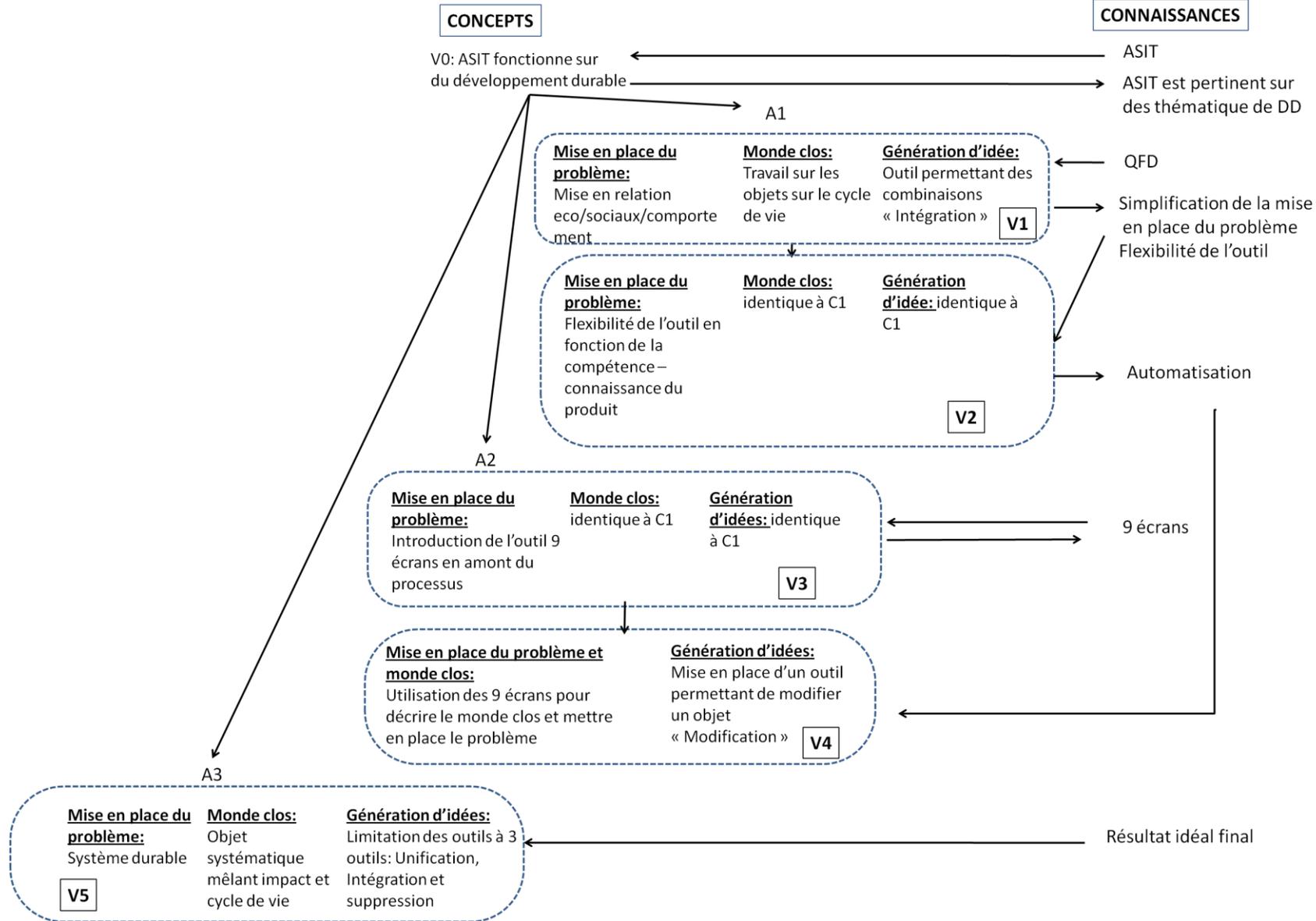


Figure 82 Evolution de l'outil EcoASIT

4.4.2. DISCUSSION SUR LES DIFFERENCES ENTRE ASIT ET ECOASIT (VERSION 5)

Ces deux approches, avec ce qu’elles représentent d’apport de connaissances, nous ont permis d’élaborer une nouvelle version de l’outil, répondant aux besoins des entreprises, plus focalisée sur la phase de génération d’idées. Par la figure ci-dessous (figure 83), nous caractérisons le passage de l’outil ASIT au prototype EcoASIT. Elle permet de bien mettre en évidence comment les trois principales étapes du processus ASIT ont été revisitées à travers les principes d’éco-innovation : le niveau systémique et le cycle de vie et l’approche développement durable.

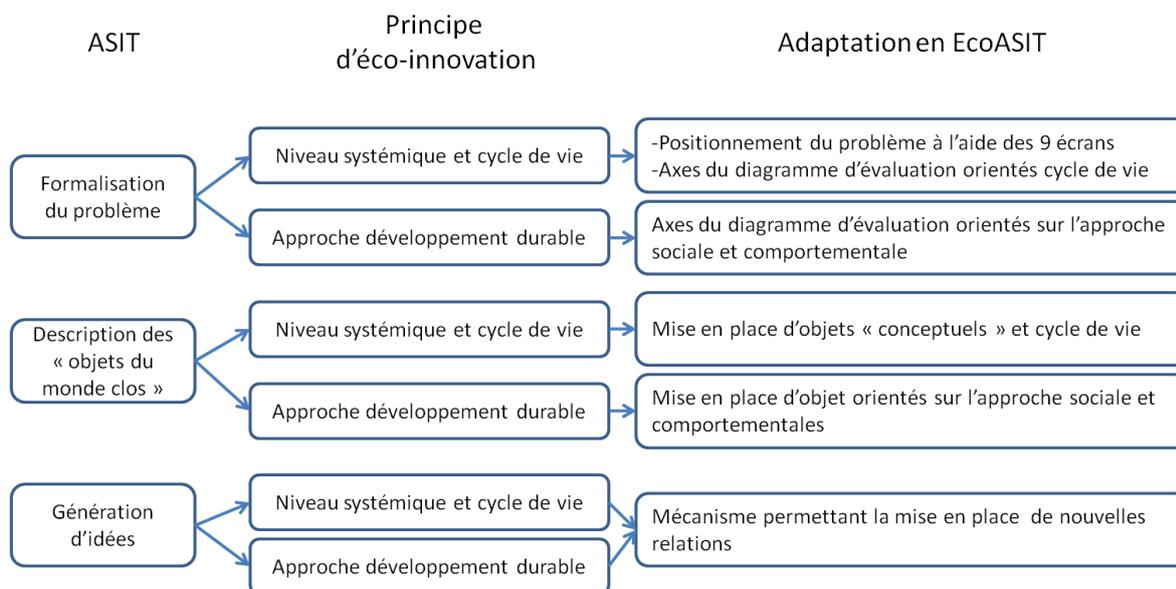


Figure 83 Adaptation d'EcoASIT en ASIT

En reprenant, et en décrivant, le développement d'EcoASIT, nous avons pu montrer l'affiliation d'EcoASIT sur l'outil ASIT. Le tableau comparatif ci-dessous permet de bien comprendre les différences entre l'outil de référence ASIT et son adaptation finale en processus EcoASIT.

ASIT	EcoASIT
<p>Formalisation du problème</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Formalisation du problème à l'aide des conditions suffisantes CW et QC 	<p>Principe du résultat idéal final</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 9 écrans ➤ Diagramme EcoASIT : En quoi mon produit n'est pas un produit idéal ?
<p>Monde clos</p> <p>Objets directs et indirects</p>	<p>Monde de ressources finies : temporel</p> <p>Les objets sont présélectionnés dans un premier temps</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cycle de vie ➤ Multicritère
<p>Mécanisme de stimulations : 5 outils</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 stratégies - 5 outils ASIT <ul style="list-style-type: none"> ○ Suppression ○ Unification ○ Division ○ Casser la symétrie ○ Multiplication 	<p>Mécanismes de stimulation : 3 outils</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 stratégies- 3 outils principaux : <ul style="list-style-type: none"> ○ Suppression (ASIT) ○ Intégration ○ Modification

Tableau 38 Différence entre ASIT et EcoASIT

Outre une mise en place du problème plus approfondie dans l'outil EcoASIT, les différences entre ASIT et son adaptation EcoASIT s'articulent en 2 points spécifiques :

(1) L'outil EcoASIT propose un monde clos « générique », c'est-à-dire que les objets qui le composent sont prédéfinis et restent identiques pour tout type de produit.

Cette nature générique a pour conséquence de contraindre l'utilisateur à utiliser les 7 mêmes objets durant la phase de génération d'idées, avec le risque, par son utilisation, de trop systématiser la démarche entreprise.

Cependant, comme nous le verrons par la suite, en présentant les résultats des tests sur EcoASIT, la nature générique des objets n'empêche pas le groupe d'utilisateurs de transposer mentalement ces objets pour son problème et son produit. Ainsi, les phrases construites à l'aide des différents opérateurs sont très facilement transposables au produit étudié et les solutions envisagées permettent de couvrir un large spectre de solutions: des solutions globales correspondant à des niveaux systémiques élevés jusqu'aux solutions axées sur le produit, et très techniques.

Plus généralement, le processus EcoASIT doit être compris comme une première étape dans le processus d'éco-innovation, et comme une première approche pour l'utilisateur. Par ses caractéristiques de micro-outil, il est aisément adaptable au profil des utilisateurs, en fonction de leur expertise.

(2) L'outil EcoASIT propose 2 opérateurs qui n'apparaissent pas dans la version initiale ASIT : Modification et Intégration.

L'opérateur Modification a été discuté par Horowitz, dans le journal référence sur TRIZ. Celui-ci explique qu'il ne voit pas comment cet opérateur peut aider à la génération d'idées, s'agissant d'une notion trop générale (Kaplan, 2001). Nous avons cependant émis l'hypothèse que l'opérateur Modification était pertinent sur des thématiques d'éco-innovation, car les principales éco-innovations sont, avant tout, issues de modification du comportement.

Ainsi, cet opérateur peut être efficace et stimuler efficacement, notamment sur ces thématiques sociétale et / ou comportementale. Le groupe est alors amené à se poser la question suivante : « Et si on cherchait à modifier le comportement de l'utilisateur, ou notre propre comportement ? ».

Il n'en reste pas moins que, les tests effectués montrent que cet opérateur présente des limites quand il est utilisé avec des objets axés uniquement sur le cycle de vie du produit (ressource, fabrication ...). Les solutions émises dans ces cas concernent, en majorité, des modifications techniques du produit, qui peuvent être aisément obtenues, sans besoin de session créative (par exemple, « *modifier les ressources* » implique souvent des solutions orientées sur des changements de matériaux).

L'opérateur Intégration, comme nous l'avons vu précédemment, permet la mise en relation entre deux objets. Horowitz explique qu'il a mis en place les opérateurs ASIT en étudiant les solutions créatives respectant les conditions suffisantes de ASIT, et leur transformation vis-à-vis des systèmes initiaux. En appliquant cette démarche à l'éco-innovation, nous remarquons que les solutions éco-innovantes sont souvent issues de la mise en place de relations (écologie industrielle, économie de fonctionnalité, système de partage ...). Ainsi, sans prétendre que cet opérateur permet d'engendrer des solutions ne pouvant être obtenues avec les opérateurs « originaux » de ASIT, il permet néanmoins de forcer l'utilisateur à imaginer ces nouvelles relations. Ce qui peut amener à jouer sur la relation entre les différentes dimensions (cycle de vie, sociétale, comportementale), mais aussi sur les connections entre les différentes phases du cycle de vie du produit.

En conclusion, ce chapitre a permis, à travers une validation théorique, et une étude comparative - héritages conceptuels et fondements - des deux outils que sont EcoASIT et ASIT, de reconnaître l'outil EcoASIT, dans sa nature et son utilisation, dans le processus et la démarche d'éco-innovation.

Le chapitre suivant va présenter une série de trois tests expérimentaux nous permettant de valider expérimentalement l'outil final EcoASIT.

CHAPITRE 5. Validation expérimentale de l'outil

Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons montré l'importance des phases d'idéation en éco-innovation, tout en soulignant les insuffisances, et lacunes, des outils d'éco-innovation actuels sur ces phases de génération d'idées.

La problématique étant ainsi posée, et pour y répondre, nous avons mis en place un ensemble de tests, dont l'objectif était de développer l'outil d'éco-innovation EcoASIT focalisé sur ces phases d'idéation.

L'outil, tel que présenté aujourd'hui, est l'aboutissement d'un processus de réflexion et de maturation qui a conduit à l'analyse et au développement d'approches diversifiées, parfois complémentaires, et qui, elles-mêmes, intégraient différentes versions d'outils.

Les tests, repris et expliqués dans ce chapitre vont nous permettre de mieux appréhender notre outil final, outil utilisable rapidement par les entreprises, et validé par le centre d'accueil de notre thèse, APESA-Innovation.

Dans ce cinquième chapitre, nous porterons l'attention sur 3 tests, qui ont accompagné l'ensemble du processus de développement de l'outil, en l'occurrence :

- (1) Un premier test, pour expérimenter l'outil de créativité ASIT, une version 1 de l'outil EcoASIT, et deux outils d'éco-conception/éco-innovation ;
- (2) Un second test, pour expérimenter l'outil EcoASIT final (version 5) auprès d'un public étudiant en éco-conception ;
- (3) Un troisième test d'expérimentation de l'outil EcoASIT final (version 5), dans le cadre d'un workshop organisé en éco-conception.

5.1. PRINCIPE DES TESTS

Les trois tests expérimentaux significatifs étudiés dans ce chapitre ont, d'une part, confirmé notre première hypothèse de départ quant à la pertinence des outils de créativité, et plus spécifiquement de l'outil ASIT en éco-innovation, nous permettant ainsi de l'adapter en éco-innovation. D'autre part, ces tests ont apporté un nouvel éclairage sur le déroulement et les caractéristiques de la méthode EcoASIT, notamment en autonomie. Ils ont validé, que la méthode finale ne perd pas ses caractéristiques premières, tout en focalisant la réflexion sur des principes d'éco-innovation.

Avec le premier test expérimental, notre objectif était de valider notre hypothèse initiale, à savoir : la pertinence des outils de créativité, et particulièrement celle de l'outil ASIT, sur des problématiques environnementales.

Pour cela, nous avons mis en place un workshop avec différents outils d'éco-innovation, et de créativité dans le but d'étudier les phases de génération d'idées. Nous avons pour cela utilisé le protocole mis en place dans le chapitre 3, et notamment les critères orientés processus et résultats ainsi qu'un questionnaire reprenant les caractéristiques décrites dans ce même chapitre.

Avec le deuxième test, nous avons souhaité montrer, toujours dans l'approche de validation de l'outil EcoASIT, qu'une session de créativité EcoASIT pouvait se dérouler en totale autonomie.

Ce test a donc réuni 4 groupes d'étudiants en master d'éco-conception, sans la présence de développeurs de l'outil EcoASIT.

Avec le troisième test, nous avons voulu valider le premier prototype d'outil EcoASIT. à l'occasion d'un workshop animé par les développeurs de l'outil, avec un seul groupe de participants novices tant sur l'utilisation de l'outil EcoASIT que sur les problématiques environnementales.

Les deux derniers tests se sont focalisés sur les critères orientés processus, avec pour objectif de les comparer avec l'outil initial ASIT.

Le tableau 39, adapté des travaux de Blessing et Chakrabati (Blessing et Chakrabati, 2009), résume les principales caractéristiques de nos expérimentations.

Chapitre 5 – VALIDATION EXPERIMENTALE DE L'OUTIL

Principes	Test 1 : « Luminaire extérieur »	Test 2 : « Bouilloire »	Test 3, « Rasoir »
Objectif du test	Pertinence des outils de créativité et particulièrement de l'outil ASIT sur des problématiques d'éco-innovation.	Validation du processus EcoASIT en autonomie.	Validation de l'outil final EcoASIT en session animée par un développeur de l'outil.
Nature de l'étude	Etude comparative entre plusieurs outils de créativité, d'éco-conception et d'éco-innovation.	Etude comparative entre plusieurs groupes utilisant l'outil EcoASIT.	Etude d'un seul groupe
Méthode de collection de données	Le test a été filmé (son+ vidéo). Un questionnaire a été transmis à tous les participants pour recueillir leurs impressions sur l'outil.	Un fichier Excel est fourni aux participants afin que les idées et les principaux jalons du processus soient recueillis (en fonction du temps). Un document est remis aux encadrants afin de recueillir les impressions globales des participants sur la manipulation de l'outil.	La version informatique de l'outil EcoASIT a permis d'enregistrer les principales étapes du processus ainsi que les idées générées (en fonction du temps).
Rôle du chercheur dans l'étude	Les chercheurs ont animé chacun un groupe puis ont analysé les résultats.	Le chercheur a formé les encadrant et analyser les résultats.	Le chercheur a animé le groupe et analysé les résultats.
Contrainte de temps	Temps de l'expérience imposé (2h30)		
Echantillonnage des données	Continu (toutes la séance a été prise en compte)		
Durée du test exploité	Le test a concerné l'ensemble du processus mais s'est focalisé sur la phase de génération d'idées.	Le test a concerné l'ensemble du processus .	Le test a concerné l'ensemble du processus mais s'est focalisé sur la phase de génération d'idées
Point de départ	Point de départ commun : information générale sur le produit (Analyse environnementale et principales données sur le cycle de vie du produit).	Point de départ commun : information générale sur le produit (Analyse environnementale et principales données sur le cycle de vie du produit).	Information générale sur les composants du produit.
Contexte du test	Séminaire de recherche en éco-conception.	Master en éco-conception	Projet européen (franco-espagnol) en innovation
Participants	Expertise en éco-conception, Industriel et académique.	Etudiant éco-conception	Expertise en innovation
Objet d'étude	Luminaire extérieur (cas industriel).	Bouilloire (cas fictif, données réelles)	Rasoir jetable (cas fictif)
Codage et analyse du test	Intervention de 3 experts en éco-conception et analyse environnementale pour juger les critères orientés résultats (originalité, pertinence environnementale, influence). Les critères orientés processus ont été analysés par le chercheur et vérifiés par un expert éco-conception.	Les critères orientés processus ont été analysés par le chercheur et vérifiés par un expert éco-conception.	Les critères orientés processus ont été analysés par le chercheur et vérifiés par un expert éco-conception.

Tableau 39 Tableau résumant la démarche expérimentale

5.2. TESTER LES OUTILS DE CREATIVITE SUR DES PROBLEMATIQUES ENVIRONNEMENTALES : TEST 1 « LUMINAIRE EXTERIEUR »

5.2.1. OBJECTIF DU TEST

L'objectif de notre première étude expérimentale était de tester l'apport des outils de créativité sur une problématique d'éco-innovation et en, particulier l'apport de l'outil ASIT. En cela, il nous permettait d'envisager une adaptation en outils d'éco-innovation³⁰.

Le test avait donc pour objet d'analyser le processus d'éco-innovation, ainsi que le résultat des travaux de 4 groupes de travail sur les phases de génération d'idées.

Plus précisément, l'approche expérimentale a conduit à vérifier 2 hypothèses initialement émises :

- (H1) Les principes de l'outil de créativité ASIT permettent de stimuler efficacement un groupe sur des problématiques d'éco-innovation, avec, pour conséquence, de générer des idées pendant toute la durée de la session, et de favoriser ainsi l'exploration du champ de conception.
- (H2) L'outil de créativité ASIT ouvre, sous l'angle environnemental, un ensemble d'idées originales et pertinentes.

En parallèle à l'approche sur ces deux hypothèses, nous avons fait une analyse qualitative de la session créative, en élaborant, notamment, un questionnaire (évoqué, et décrit, dans le chapitre 3).

Ce questionnaire, qui a évolué au cours de la thèse, porte sur les critères d'évaluation suivants :

- la collaboration entre utilisateurs ;
- la simplicité d'utilisation et la rapidité de mise en œuvre ;
- la clarification des objectifs ;
- l'exploration du champ de conception ;
- la confiance des utilisateurs dans l'outil ;
- la flexibilité de l'outil ;
- l'apprentissage des utilisateurs ;
- l'ergonomie de l'outil.

Ce questionnaire permettait avant tout de comparer les résultats quantitatifs de l'étude avec la perception de l'utilisateur.

5.2.2. OUTILS TESTES

Ce premier test a consisté à comparer les phases de génération d'idées dans une session d'éco-innovation, à partir d'un certain nombre d'outils d'éco-innovation et/ou de créativité.

Chacun des, quatre groupes en place a pris à son compte un outil particulier, étant précisé que nous avons alors choisi 2 outils d'éco-conception /éco-innovation reconnus, et repris dans la littérature, dont un outil issu de la littérature en créativité.

C'est ainsi qu'un premier groupe a utilisé l'outil Eco-compass, méthode décrite au chapitre 2. L'outil Eco-compass consiste en un diagramme permettant d'évaluer un produit sur 6 axes intégrant des notions de cycle de vie, ainsi que des notions multicritères. Cet outil est inscrit dans une démarche plus globale d'éco-innovation, consistant en une étude préliminaire des flux entrants et sortants sur le cycle de vie du produit, suivie d'une session type brainstorming sur les différents axes du diagramme. Nous avons donc choisi de tester cet outil dans le but d'évaluer les possibilités d'utilisation de ce diagramme comme base de départ à une séance de génération d'idées.

Un deuxième groupe a utilisé l'outil LiDS Wheel (ou encore Roue de Brezet). Cet outil (décrit au chapitre 2) se présente également sous forme d'un diagramme d'évaluation, mais dont les axes

³⁰ Ce test a fait l'objet de deux articles : (Tyl et al., 2010) et (Tyl et al., 2011b)

reprennent les étapes du cycle du produit. De plus, un axe de cet outil correspond spécifiquement au développement de nouveaux produits. Chacun de ces axes propose une série de guidelines permettant d'accompagner l'utilisateur dans sa réflexion. Pour ce test expérimental, nous avons choisi d'utiliser cet outil car il se présente plus comme un outil d'éco-conception classique avec une réflexion sur le cycle de vie du produit.

Les deux derniers groupes ont utilisé, quant à eux, l'approche proposée par l'outil ASIT. Néanmoins, l'un des deux groupes a utilisé une variante de l'outil. En effet, nous avons choisi de faire tester par l'un des groupes, un outil ASIT comprenant certaines modifications capables de prendre en compte la dimension environnementale de l'approche que nous appelons *EcoASIT v1*. Cet outil reprend certaines caractéristiques de la version 1 de l'outil (présentée au chapitre 4), tels que le choix des objets à l'aide de la carte des objets (figure 67), ainsi que l'opérateur Intégration. L'autre groupe utilisait, pour sa part, l'outil ASIT de référence, issu des travaux de (Horowitz, 2001a, Horowitz, 2001b).

L'approche expérimentale s'est construite sur l'étude d'un cas industriel, lors d'un séminaire national en éco-conception regroupant 24 participants spécialisés en éco-conception, appartenant au monde industriel (Automobile, Mobilier urbain, Consulting ...) et académique.

Ce séminaire se caractérise, dès lors, par la diversité des profils composant les groupes, allant du débutant à l'expert en éco-conception, du chercheur au consultant, en passant par des professionnels de l'industrie. La variabilité de participants est d'autant plus intéressante que les groupes formés pouvaient être assimilés à des groupes « hétérogènes », s'opposant ainsi aux « groupes expérimentaux » composés généralement d'étudiants.

Chaque animateur de groupe a été choisi en fonction de son expertise en éco-conception et/ou créativité. Dès le départ, la consigne avait été donnée que le couple animateur/outil ne puisse pas avoir une quelconque influence dans les résultats de l'outil.

Enfin, les groupes avaient été formés en fonction des compétences et profils des individus.



Figure 84 Photo du groupe ASIT

5.2.3. ETAPES DE LA PROCEDURE

La procédure de test s'est déroulée en deux étapes principales, la première, de présentation de l'expérience ; la seconde, de session d'éco-innovation.

(1) Etape 1 (30 min)

La première étape a consisté, le matin, en session plénière, en une présentation générale du test. La présentation consistait à introduire le sujet de recherche, la thématique de l'éco-innovation et complétée par une présentation rapide des outils testés.

A l'issue de la présentation, le cas d'étude a pu être évoqué. Ce cas d'étude a pour origine un projet industriel d'éco-conception déjà réalisé, ceci pour travailler à partir de données réelles.

Le cas d'étude est issu d'un projet industriel d'éco-conception déjà réalisé, afin de pouvoir travailler sur des données réelles. Le produit concerné par le test était une lampe d'éclairage extérieur (figure 84). Nous nous sommes pour cela inspirés des travaux de Collado-Ruiz qui préconisait l'utilisation d'informations « soft » pour optimiser le processus de créativité (Collado-Ruiz et Hesamedin, 2010). La

présentation du cas a consisté à décrire les différents constituants du produit, ainsi que les aspects se rapportant au cycle de vie du produit (principaux matériaux, logistique, lieu de fabrication, fin de vie, et données d'utilisation).

Après une courte période de temps réservée aux questions, et précisions éventuelles, un document a été remis aux participants, reprenant l'ensemble des informations sur le cas d'étude présenté. Ce cas d'étude a été choisi pour sa facilité de compréhension, et pour l'importance de son contexte d'utilisation facilitant ainsi une réflexion globale.



Figure 85 Photo du produit étudié (Holight©)

(2) Etape 2 (2h00 min)

La deuxième étape concernait la session d'éco-innovation par groupe. Celle-ci a débuté par une brève présentation de l'outil par l'animateur, des documents de présentation étant par ailleurs fournis aux participants.

Les deux heures prévues ont été dédiées à la mise en problème et à la génération d'idées par chaque groupe. Néanmoins, les 2 groupes utilisant les outils ASIT et EcoASIT v1 ont travaillé conjointement à la mise en place du problème afin de débiter la phase de génération sur un objectif identique et ainsi pouvoir aligner les procédures et faciliter l'exploitation du test.

Les quatre groupes ont eu le même équipement pour la session créative (post-it, paperboard, support identique pour la visualisation des idées), et se sont vus remettre des supports spécifiques à chaque outil utilisé (diagramme Eco-compass, diagramme LiDS Wheel ...).

La figure ci-dessous reprend les principales étapes du processus expérimental.

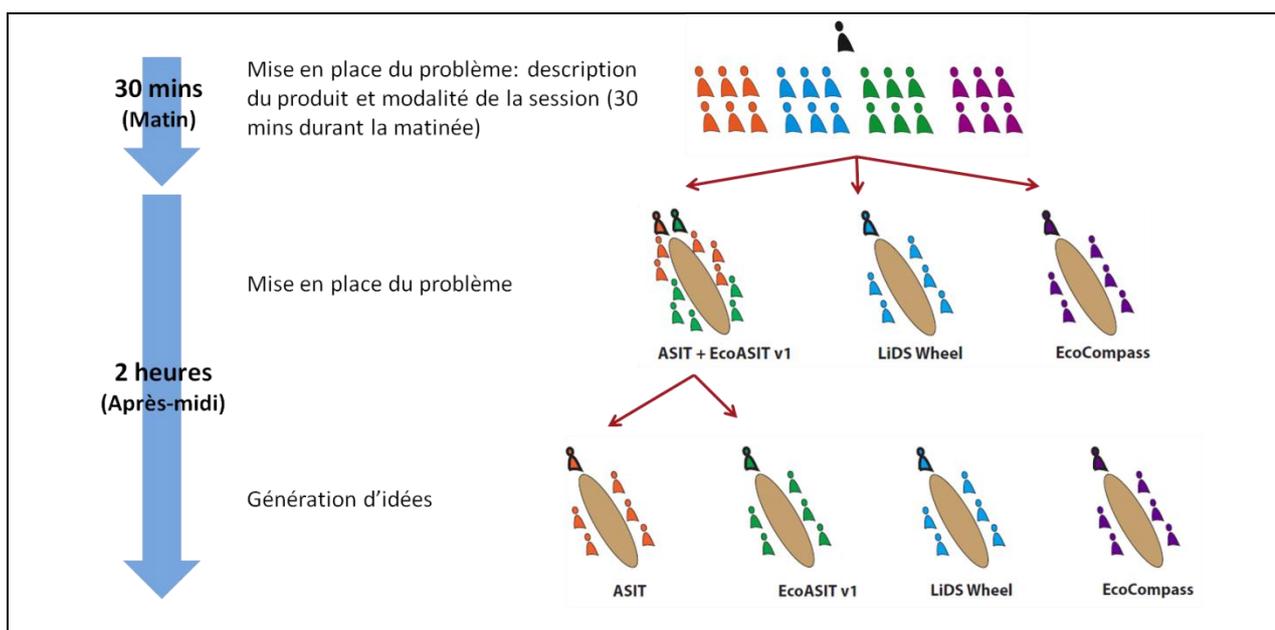


Figure 86 Déroulement du test 1 « Luminaire extérieur »

5.2.4. ANALYSE DES DONNEES

L'analyse des données du test s'est appuyée sur trois types de supports (figure 85). Un premier support exploitable a été la vidéo d'enregistrement des 4 sessions d'éco-innovation. Ces vidéos ont ainsi permis de retracer avec précision le déroulement des sessions, ainsi que de retranscrire l'ensemble des interactions entre participants (un extrait est présenté tableau 40). Ce support a facilité la description des différentes étapes du processus « réel », ainsi que l'enchaînement de la génération des idées émises par le groupe.

temps	Participants	
...
47'52	P1	Alors <i>mass intensity</i> , qu'est ce qu'on peut faire ?
"	P2	On reste dans l'encasté ?
"	P3	C'est ce que j'allais dire, ça change tout
"	P3	Au lien d'encasté, tu le mets dans les arbres
"	P1	Oui, ce serait inviolable
"	P4	Et c'est stable
"	P5	Tu fais une arrivée d'électricité
48'50	P1	La question, c'est pourquoi 70 kg pour une lampe de 40w
49'00	P2	Faudrait imaginer un truc qui s'encastre dans l'existant, genre tu l'accroches à un poteau, un piquet
"	P1	Avec une position assise pour contempler
"	P2	Intégrer dans le mobilier urbain
...

Tableau 40 Exemple de retranscription issue des vidéos

Un deuxième type de données correspond aux documents produits par chaque groupe durant le test. Ces documents sont par exemple les diagrammes d'évaluation pour les groupes utilisant les outils Eco-compass et LiDS Wheel, mais aussi les idées émises.

Un troisième type de données a été constitué par les réponses aux questionnaires envoyés à chaque participant, pour recueillir les perceptions et avis sur les outils qu'ils ont utilisés.

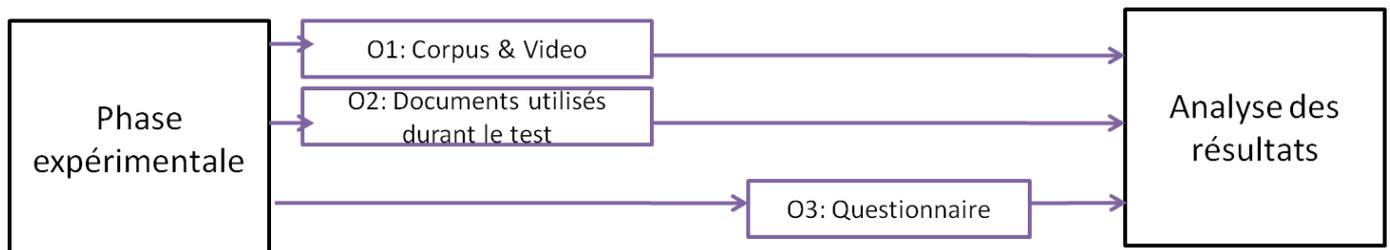


Figure 87 Données extraites du test

5.2.5. RESULTATS

Comme nous l'avons déjà indiqué, les différentes données recueillies durant ce test ont permis de mettre en place :

- une analyse quantitative pour répondre à nos deux hypothèses H1 et H2, à partir des indicateurs orientés processus (fréquence de génération d'idées et variété des idées), et des indicateurs orientés résultats (pertinence environnementale et originalités) ;
- une analyse qualitative, basée sur les réponses au questionnaire des utilisateurs, le corpus des sessions et l'observation des vidéos.

5.2.5.1. Analyse quantitative

➤ Stimulation de la génération des idées

(H1) Les principes de l'outil de créativité ASIT permettent de stimuler efficacement un groupe sur des problématiques d'éco-innovation avec, pour conséquence, de générer des idées pendant toute la durée de la session, et de favoriser ainsi l'exploration du champ de conception.

Pour traiter l'hypothèse H1, nous avons utilisé deux critères « orientés processus » décrits dans le tableau 33 du chapitre 3 :

- (1) La fréquence de génération des idées, qui permet de caractériser le dynamisme du groupe. Cet indicateur a été calculé en recensant l'ensemble des idées émises par les groupes en fonction du temps. La courbe y résultant permet ainsi d'évaluer le rythme de génération d'idées du groupe ;
- (2) La variété des idées émises, qui permet d'évaluer la capacité du groupe à explorer le champ des possibles à partir de la problématique initiale.

Un premier travail a donc consisté à lister l'ensemble des idées générées par le groupe. Tous les groupes n'ayant pas écrit l'ensemble de ses idées, nous avons utilisé toutes les idées générées à partir des enregistrements vidéo et des scripts s'y rapportant.

Nous avons considéré qu'une idée devait être considérée comme générée dès qu'elle était émise dans une intervention verbale suffisamment précise (verbe et complément) et donc, sans aller jusqu'à rechercher le niveau de détail de l'idée (par exemple, une idée émise durant le test a été « *Si on relie automobiliste et sol, on peut récupérer l'éclairage des voitures* », ou encore « *Allumer à l'intérieur avec la lampe de jour et à l'extérieur avec la même lampe la nuit* »).

Un premier résultat a concerné la fréquence de génération des idées de chaque groupe, durant la phase d'idéation. Le graphique ci-dessous (figure 88) permet de visualiser le rythme de génération d'idées émises lors de la session par les différents groupes. Le point de départ de cette analyse correspond au moment où le groupe s'est entendu pour commencer à générer des idées.

Nous avons pu remarquer que les deux groupes qui ont utilisé l'outil ASIT et EcoASIT v1 ont conservé, durant toute la session, un rythme constant et linéaire de génération d'idées (coefficient directeur moyen : $1'26 \text{ idée.min}^{-1}$, coefficient de détermination=0,98), tandis que les groupes ayant utilisé les outils d'évaluation LiDS Wheel et Eco-compass ont présenté rapidement une asymptote, témoignant d'une baisse dans le rythme de génération d'idées.

Ainsi, une première constatation peut être faite, à savoir que les outils spécifiques de créativité permettent de stimuler une génération d'idées de façon constante sur des problématiques environnementales, stimulant efficacement le groupe. Cette constatation confirme par ailleurs l'intérêt d'incorporer régulièrement des stimuli lors des sessions de créativité, afin de maintenir la production du groupe, et son effort constant dans la démarche de génération d'idées.

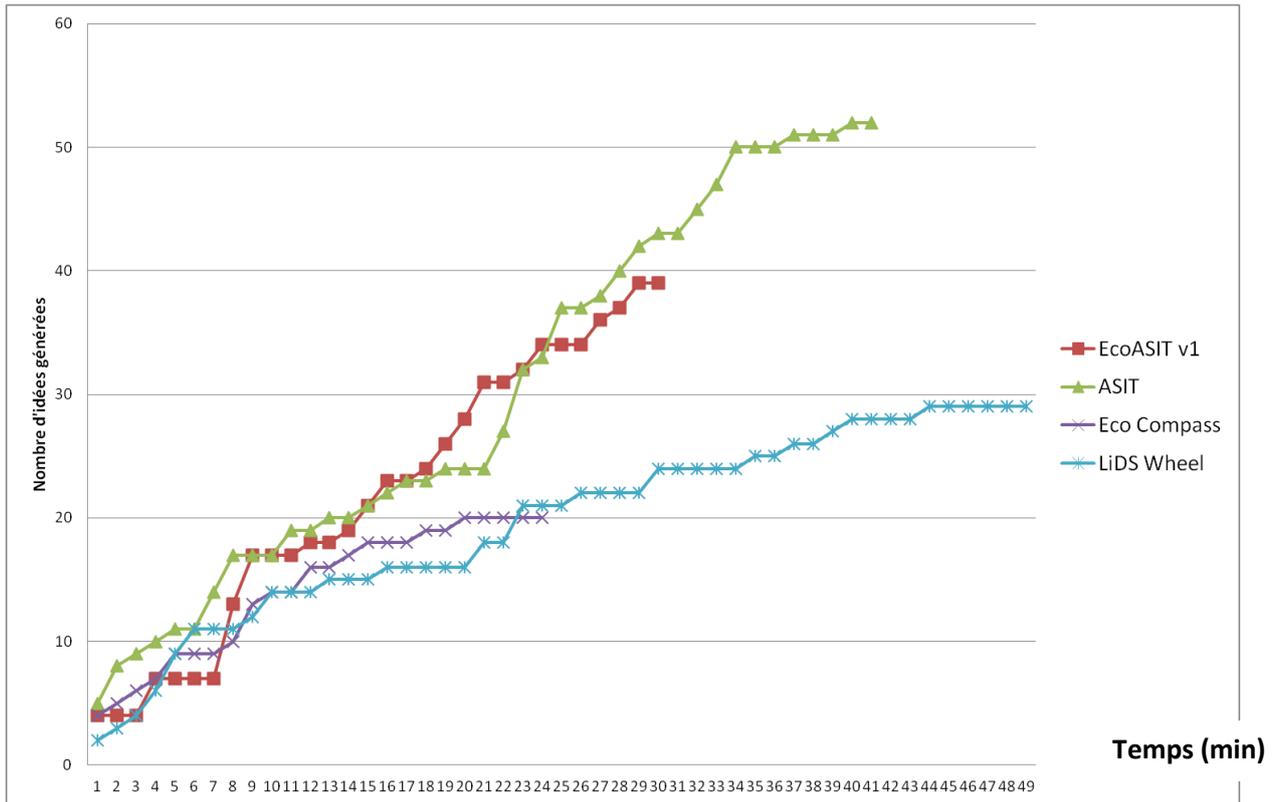


Figure 88 Quantité d'idées générées en fonction du temps

Afin de mettre en perspective ce résultat, nous avons cherché à mettre en place un critère secondaire destiné à indiquer le nombre d'idées uniques générées par chaque groupe. Pour cela, toutes les idées ont été analysées comparativement. Le tableau 41 ci-dessous présente les résultats obtenus.

	ASIT	EcoASIT v1	Eco-compass	LiDS wheel
Nombre d'idées communes à au moins deux groupes	9	16	7	15
Nombre d'idées uniques	10	16	9	11

Tableau 41 Nombre d'idées uniques générées par chaque groupe

On peut noter que dans le groupe utilisant l'outil EcoASIT v1, un nombre conséquent d'idées uniques a été généré, comparativement aux autres groupes. Cela peut être expliqué par le fait que cet outil demande un effort additionnel pour décrire efficacement le monde du problème, et mettre ainsi le produit dans son contexte, ce qui permet aux participants de considérer de nouvelles possibilités, de nouvelles combinaisons et de nouveaux stimuli.

L'outil LiDS Wheel génère lui aussi, pour le groupe qui l'utilise, de nombreuses idées, car il propose un *guideline* qui peut être utilisé comme source de créativité. Nous pouvons par ailleurs noter l'un des paramètres partagés par les deux groupes : la proposition d'un nombre important de stimuli.

➤ Variété des idées :

Une deuxième analyse, qui permet de caractériser l'outil, est celle portant sur la variété des idées générées. Pour cette analyse, nous avons repris l'échelle proposée au chapitre 3, et présentée dans le tableau ci-dessous, avec un exemple spécifique au cas d'étude de ce test.

<i>Exemple d'idées pour le luminaire</i>	
Produit	Encastrement de la lampe dans objet existant
Produit-Service	Faciliter l'accès à la lampe et maintenance régulière
Service	Faire un éclairage saisonnier
Usage	Financer l'éclairage à la demande, par le touriste
Méthode	Optimiser le transport fluvial
Stratégie	Faire des collectifs de quartier de gestion de la lumière

Tableau 42 Illustration du critère de variété des idées pour le cas du luminaire

Pour effectuer cette analyse, il a été demandé à deux experts de classer l'ensemble des idées émises suivant cette échelle. Le tableau 43 montre ainsi le pourcentage des idées générées par les 4 groupes dans les différents champs possibles.

On constate ainsi que les groupes utilisant l'outil ASIT et EcoASITv1 ont généré des idées sur les différents champs, tandis que les groupes utilisant les outils Eco-compass et LiDS Wheel sont restés focalisés sur une approche produit.

Ce test permet ainsi de confirmer 2 tendances : Eco-compass et l'outil LiDS Wheel sont davantage focalisés sur une approche technique orientée sur le produit-même (80 à 90% des idées émises) et les outils ASIT et EcoASITv1, permettent d'explorer diverses alternatives, et répondent plus à une logique d'éco-innovation dont l'objectif est de travailler et de naviguer entre les différents niveaux systémiques du produit.

	<i>ASIT</i>	<i>EcoASIT v1</i>	<i>LiDS wheel</i>	<i>Eco-compass</i>
Produit	62	55	94	81
Produit-Service	5	9	6	4
Service	19	9	0	8
Usage	5	12	0	0
Méthode	3	6	0	8
Stratégie	5	9	0	0

Tableau 43 Variété des idées générées Test 1 (en pourcentage)

➤ Pertinence des idées :

(H2) L'outil de créativité ASIT permet d'obtenir des résultats originaux et pertinents d'un point de vue environnemental.

Pour vérifier cette hypothèse, l'ensemble des idées émises par les groupes a été évalué par 3 experts en éco-conception et Analyse de Cycle de Vie n'ayant pas participé au test (2 évaluateurs académiques et 1 évaluateur industriel). A ces fins, toutes les idées leur ont été transmises, ainsi qu'un document décrivant le produit de référence. Il leur a été demandé de noter chacune de ces idées selon leur pertinence environnementale, et leur originalité.

Dans un premier temps, nous avons étudié la corrélation entre les notes des experts désignés, afin de pouvoir s'assurer de la pertinence de cette évaluation. Le tableau 44 reprend ainsi les résultats statistiques du test, et de la corrélation des notes entre deux évaluations.

Etant donné la taille de l'échantillon (correspondant au nombre total d'idées émises), et un seuil d'erreur généralement utilisé de 5%, nous nous rendons compte que seules les évaluations correspondant aux critères d'originalité montrent des corrélations significatives (mais faibles) entre les trois évaluations E1, E2, et E3.

	Corrélation		
	C (E1&E2)	C (E1&E3)	C (E2&E3)
Originalité	0,44*	0,32*	0,39*
Pertinence environnementale	0,18	0,19	0,28*

*Significatif pour $p=0,05$

Tableau 44 Corrélation dans l'évaluation des experts

Il apparaît donc que la pertinence environnementale des idées montre de grandes disparités entre les 3 évaluations. Nous pouvons expliquer ces résultats par la non complétude des informations fournies pour chacune des idées et donc une interprétation potentiellement différente par chacun des experts (par exemple sur le risque de transfert d'impact), en fonction notamment de l'expérience de chacun. Nous reviendrons lors de la conclusion de la thèse sur ce point particulier de l'évaluation des idées.

Etant donné cette faible corrélation, nous avons donc fait le choix de prendre en compte les seules idées évaluées uniformément par les trois experts.

Les deux graphiques ci-dessous (figure 89) montrent le résultat de l'évaluation de l'ensemble des idées retenues par les 3 évaluateurs : le nombre d'idées dont la somme des évaluations atteint 9, signifie une évaluation maximale par les 3 évaluateurs, le nombre d'idées dont la somme des évaluations correspond à 8 et le nombre d'idées dont la somme des évaluations correspond à 7. Seules ces trois notes ont été prises en compte car elles correspondent à une évaluation neutre ou positive par les 3 évaluateurs. Ces graphiques nous amènent à faire le double constat suivant :

- Tant pour l'originalité que pour la pertinence environnementale, le nombre d'idées jugées originales ou pertinentes d'un point de vue environnemental est plus important pour les groupes ayant utilisé ASIT.
- Si ce résultat paraît cohérent pour l'originalité, il est extrêmement intéressant pour la pertinence environnementale, car il montre qu'un outil de créativité non dédié à l'éco-innovation est efficace pour générer des concepts éco-innovants.

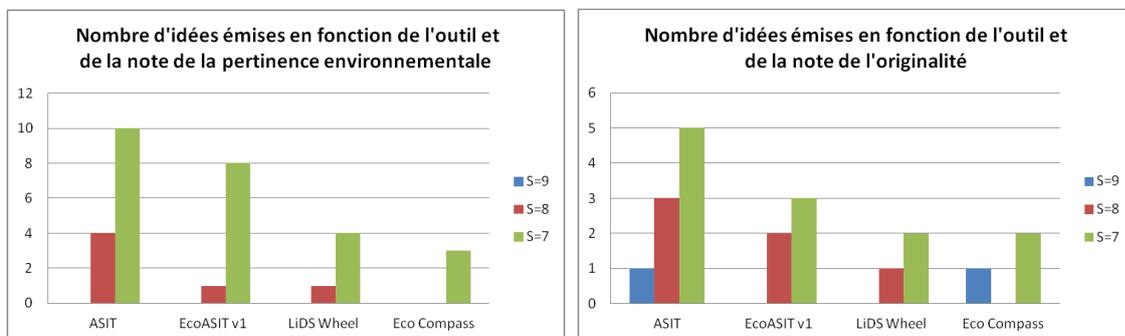


Figure 89 Nombre d'idées émises par chaque groupe en fonction de l'évaluation (originalité et pertinence environnementale) des experts

Les résultats de cette analyse quantitative permettent ainsi de constater que les principes de stimulation de la démarche de créativité ASIT sont performants dans une session d'éco-innovation, tant sur les critères orientés sur le processus (Fréquence de génération des idées et Variété) que sur les critères orientés sur le résultat (Originalité et Pertinence environnementale). Ils confirment l'intérêt des outils de créativité en éco-innovation, de même que le choix d'utiliser ASIT comme base de travail pour le développement d'un outil d'éco-innovation.

Les résultats obtenus lors de cette expérimentation ont été corrélés avec différents autres tests, mais non présentés dans ce document ;

5.2.5.2. Analyse qualitative

Dans une deuxième approche, nous avons souhaité connaître la perception par les utilisateurs de l'outil utilisé durant le test. Pour cela, nous avons d'abord effectué une analyse du processus de chaque outil (mise en place du problème et génération d'idées), avant de nous pencher plus directement sur 2 critères du questionnaire, choisis car représentatifs de la perception des utilisateurs :

- la confiance des utilisateurs dans l'outil ;
- leur perception de l'exploration du problème, à travers l'approche systémique et cycle de vie de l'outil.

➤ Analyse du processus des outils (Mise en place du problème et Génération des idées)

En introduction, nous pouvons prendre connaissance, par lecture du graphique 90, du temps passé par chaque groupe à la mise en place du problème, sur la phase d'idéation, ainsi que sur leur perception quant à la mise en œuvre de l'outil.

Pour cela, nous avons représenté la distribution des résultats : le diamètre des cercles correspondant au nombre de réponses sur l'échelle (de 1 à 4 réponses), la croix indiquant la moyenne des notes.

On remarque ainsi une différence nette entre l'outil LiDS Wheel, plus orienté éco-conception, et les outils d'éco-innovation Eco-compass et de créativité ASIT.

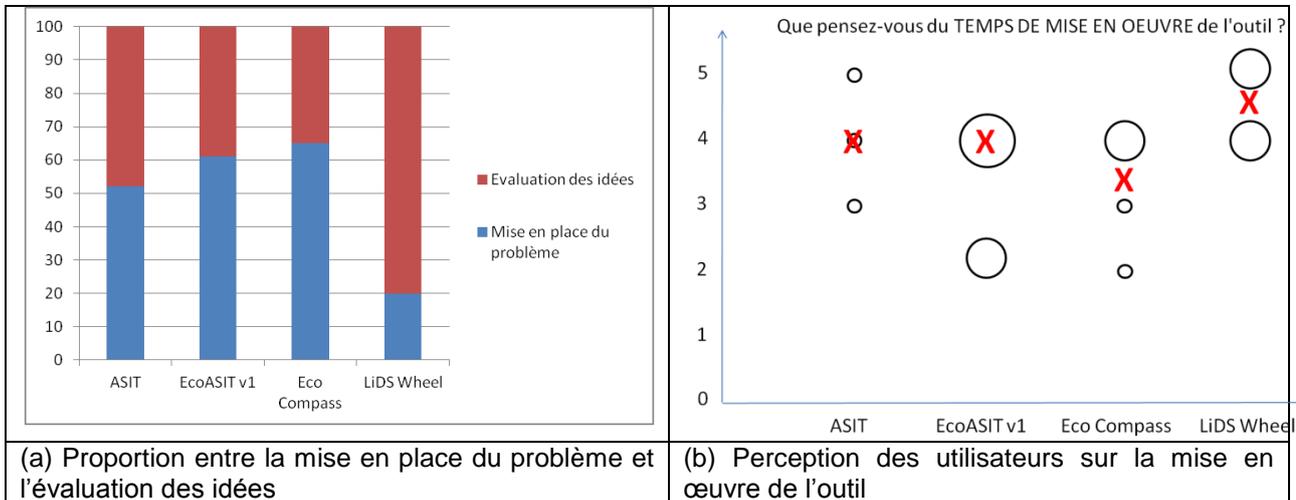


Figure 90 Mise en œuvre du processus des outils d'éco-innovation

a) Eco-compass

L'outil Eco-compass propose une étape de mise en place du problème relativement longue comprenant 2 parties :

- une première partie, qui consiste en l'étude des différents flux entrants et sortants du produit, sur l'ensemble des étapes du cycle de vie du produit (figure 91a) ;
- une seconde partie, qui se rapporte à l'évaluation du produit sur le diagramme Eco-compass (figure 91b).

Ce diagramme présente plusieurs avantages.

- Il permet, en tant qu'outil, et comme l'explique l'un des participants, une « *approche rapide pour faire le tour du problème et tirer les axes principaux d'éco-amélioration* ». Il offre en effet la possibilité d'entretenir les interactions entre les différents participants, et, surtout de définir un objectif identifié, et une stratégie commune.
- Cet outil permet également de mixer les impacts environnementaux et les phases du cycle de vie, facilitant ainsi la confrontation entre les participants, qui peuvent avoir une vision différente de l'éco-conception.
- Enfin, reprenant les termes d'un autre participant, « *les terminologies sont parlantes -mais pas toujours précises- et donc accessibles au plus grand nombre, y compris les non spécialistes* » ;

Durant la session, on peut distinguer la phase de mise en place du problème et celle de génération d'idées, cette deuxième phase consistant, avant tout, à reprendre les axes définis comme prioritaires (mass intensity, ressource conservation et use intensity), et ainsi générer des idées.

Cependant, contrairement aux autres outils, les deux phases de mise en place du problème et de génération d'idées sont très interdépendantes. Ce qui fait dire à un troisième participant que « *La phase de génération d'idées et la phase de mise en place du problème sont extrêmement similaires, et peu dissociables* ». On remarque en effet que les ébauches d'idées, pour une grande part, ont été générées dès la phase de mise en place des problèmes.

L'intérêt majeur de l'outil vient donc de cette phase d'évaluation du produit, et notamment du croisement entre une approche cycle de vie et impacts environnementaux permettant selon les participants de « *de mixer et de trouver des solutions globales* ».

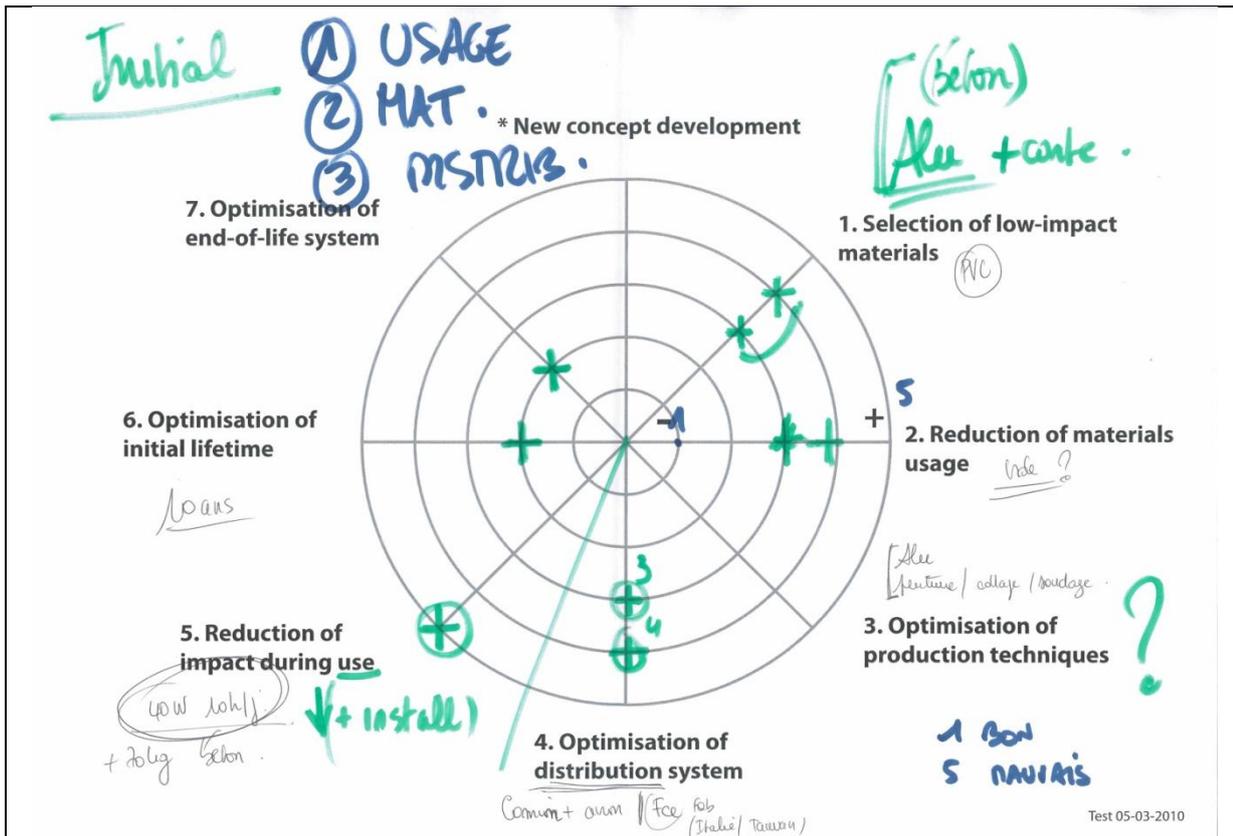


Figure 92 Diagramme d'évaluation issu des travaux du groupe utilisant l'outil LiDS Wheel

c) Les groupes ASIT et EcoASIT v1

L'outil ASIT ne propose pas d'aide particulière à la mise en place d'un problème orienté sur les thématiques environnementales. Pour le test, il a donc été choisi de prendre en compte uniquement les principaux impacts environnementaux du produit afin de définir un objectif commun pour les deux groupes. Une fois l'objectif défini, la mise en place du problème se poursuit par une identification des objets du monde clos.

Le groupe travaillant sur ASIT a défini les objets du monde clos de façon totalement neutre tandis que celui travaillant sur EcoASIT v1 a décrit des objets sur l'ensemble du cycle de vie du produit, demandant ainsi un effort plus important. L'outil EcoASIT v1 forçait les participants à réfléchir sur le cycle de vie, si bien que, selon l'un des participants, « cela assurait une vision globale du problème et une génération de solutions pas trop "exotiques", pas trop éloignées du problème ».

Comme l'indique l'un des participants, cette phase de définition des objets permet à l'outil d'être facilement adaptable en orientant les objets vers une description fine du système ou de manière plus large.

En ce qui concerne la phase de génération d'idées, les deux versions ASIT et EcoASIT v1 proposent de générer des phrases de stimulation construites à partir des objets précédemment définis. Cette phase est considérée comme la plus pertinente pour les deux outils, et selon un utilisateur, « les opérateurs "ASIT" (avec le choix des verbes "supprimer", "Mettre en place" ...) sont très intuitifs ».

De plus, le déroulement du processus montre l'intérêt de ces opérateurs, permettant de générer des phrases stimulantes, qui sont parfois pertinentes, surprenantes où vides de sens au premier abord, comme par exemple, l'outil Intégration qui propose de mettre en relation des phases du cycle de vie.

Ainsi, les outils ASIT et EcoASIT v1 ont été appréciés avant tout pour la stimulation efficace de génération d'idées et l'interprétation des phrases a permis au groupe de générer des échanges fructueux.

Par contre, certains ont souligné que cet outil peut s'avérer complexe pour des personnes non initiées à l'éco-conception.

➤ Focus sur les indicateurs de confiance dans l'outil et sur la perception de l'approche systémique et environnementale de l'outil

Nous allons plus précisément nous focaliser sur deux critères du questionnaire remis aux participants :

- La confiance dans les outils ;
- L'exploration du champ de conception, traduit dans les termes d'approches systématiques, cycle de vie et multicritères.

La confiance du groupe en ses capacités de générer des résultats originaux et pertinents est essentielle.

Le graphique ci-dessous (figure 93) montre ainsi la perception des utilisateurs sur les résultats générés par le groupe. Comme pour le paragraphe précédent, nous avons représenté la distribution des résultats (le diamètre des cercles correspond au nombre de réponses sur l'échelle) et la moyenne des résultats (par la croix). Les groupes qui ont utilisé Eco-compass et LiDS Wheel ont considéré leurs résultats pertinents d'un point de vue environnemental, ce qui montre l'importance de mettre en valeur le cycle de vie du produit. Au contraire, le groupe ASIT et, dans une moindre mesure, le groupe EcoASIT v1, n'ont pas considéré leurs résultats pertinents d'un point de vue environnemental.

Ces résultats viennent donc en contradiction avec ceux recueillis dans l'analyse quantitative, et notamment, avec les notes des experts sur les performances environnementales et l'originalité. Cela peut s'expliquer, notamment, par le fait que l'outil ASIT ne propose pas de référence explicite à l'éco-conception et à l'ACV, ce qui peut donner l'impression de ne pas prendre en compte l'environnement dans les solutions générées.

En ce qui concerne les résultats du groupe ayant utilisé l'outil LiDS Wheel, on peut remarquer une contradiction entre la perception du groupe sur la pertinence environnementale des idées, et la perception sur l'originalité.

Cette contradiction entre pertinence environnementale et originalité a déjà été soulignée par Jones (Jones, 2001), et peut s'expliquer par le fait que l'outil oriente le groupe vers des solutions connues, avec les guidelines, ce qui rassure quant à la « légitimité » environnementale de la solution, mais qui limite d'autant l'apport de créativité.

Or, nous avons vu qu'il est nécessaire que les résultats réels de l'outil soient en corrélation avec les perceptions des utilisateurs, un outil n'étant utilisé que si les utilisateurs en perçoivent, et retirent, les bénéfices. Il y a donc un effort à porter sur l'intégration « explicite » des critères environnementaux dans les outils. Ainsi, autant un outil de créativité a pour objectif principal la génération d'idées, autant un outil d'éco-innovation doit, en plus, intégrer une notion d'apprentissage et montrer au groupe l'intérêt des idées générées.

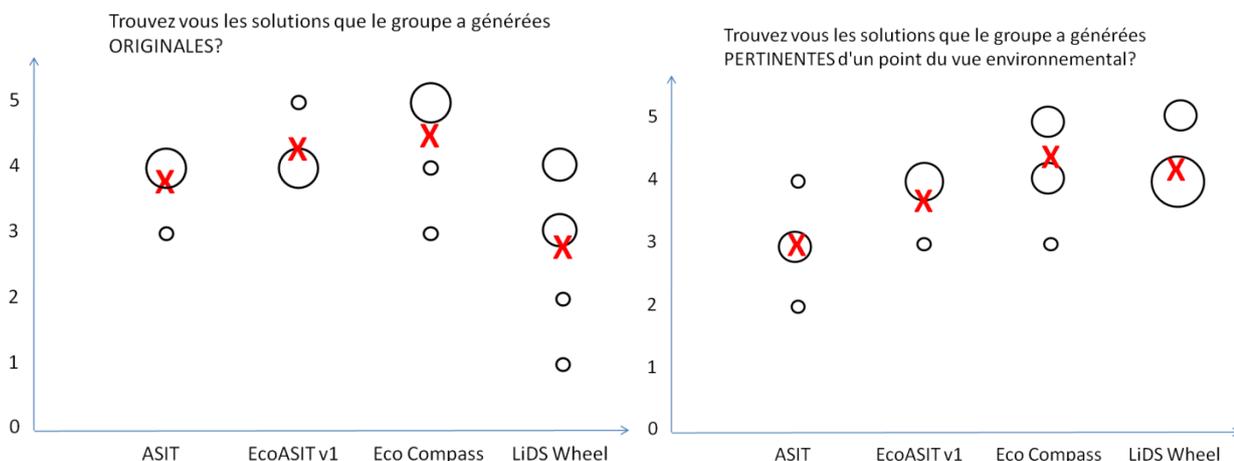


Figure 93 Perception des groupes sur l'originalité et la pertinence environnementale des idées qu'ils ont générées

Les résultats présentés dans les graphiques de la figure 94 correspondent aux réponses des participants aux questions concernant la prise en compte de l'approche systémique, de cycle de vie et multicritère de l'outil. Ces graphiques montrent en effet clairement que l'outil ASIT ne prend pas en compte l'approche environnementale, contrairement, notamment, au groupe utilisant EcoASIT v1 (décrivant les objets sur le cycle de vie). Il est donc important que les principales notions environnementales apparaissent lisiblement dans l'outil pour, notamment, forcer les participants à intégrer ces critères environnementaux tout au long du processus.

Nous avons en effet pu constater que ces critères, introduits en amont de processus, tendent à être écartés au fur-et-à-mesure du processus s'ils ne sont pas clairement apparents lors des différentes étapes (Sherwin, 2000).

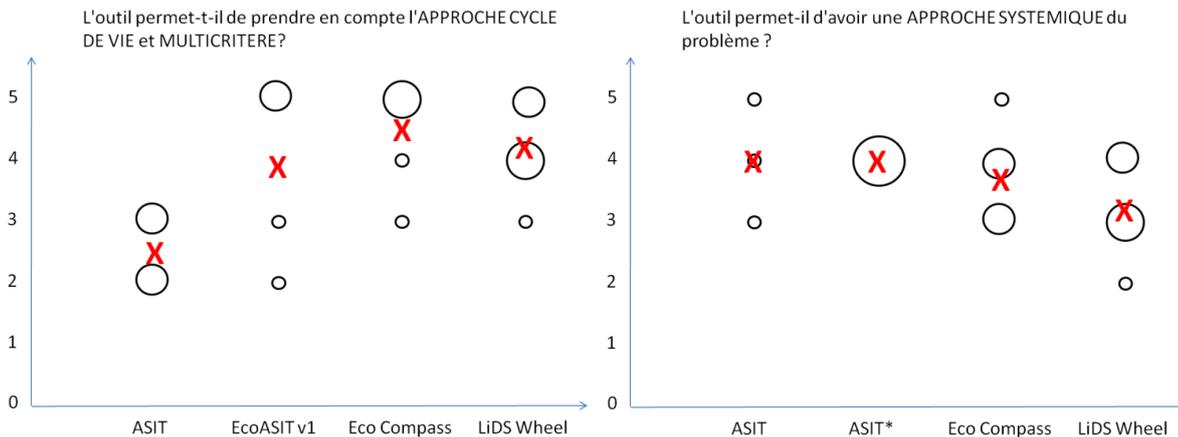


Figure 94 Perception des groupes sur la prise en compte par l'outil de l'approche cycle de vie, multicritère, et systémique

5.2.6. SYNTHESE

Ce premier test, comme déjà rappelé, a été effectué en début de recherche, afin de valider notre hypothèse sur la pertinence de l'utilisation des outils de créativité lors des processus d'éco-innovation et en présentant l'intérêt d'une focalisation particulière sur les phases d'idéation.

L'analyse quantitative de ce test, à travers notamment, l'étude de la fréquence de génération des idées, et la variété des idées générées, a permis de montrer que les principes de stimulation de l'outil de créativité ASIT sont source de stimulation efficace sur des problématiques environnementales.

Ces principes permettent également au groupe de générer des idées à un rythme constant, ainsi que d'explorer une variété des solutions possibles (produits, services, modification de l'usage, des méthodes de conception...).

Ce test montre aussi les possibilités d'évolution de l'outil ASIT, en permettant de développer l'outil EcoASIT. En effet, L'outil ASIT apparaît alors pertinent pour des utilisateurs experts en éco-conception, comme ce fut le cas lors de ce test. Cependant, pour des utilisateurs novices, il reste nécessaire de forcer le groupe à s'orienter vers une réflexion globale, ce qui passe par une formalisation des objets et notamment des objets permettant d'avoir une réelle approche systémique et durable.

Il montre aussi la nécessité de formaliser la mise en place de l'objectif de la session afin d'aider le groupe à s'accorder sur une stratégie identique et instaurer une compréhension commune. En cela, l'outil Eco-compass s'avère particulièrement efficace à travers un diagramme mêlant cycle de vie et impacts environnementaux. Ces observations, et enseignements, ont notamment été incorporés dans la version finale de l'outil EcoASIT.

Enfin, nous pouvons souligner que ce test a mis en exergue certaines limites à prendre en compte, dont deux ont particulièrement attiré notre attention.

- La première concerne la prise en compte du niveau de détail des idées générées par les groupes. Nous avons évalué l'ensemble des idées qui ont été émises sans faire la distinction de leurs niveaux de détail et /ou de « finition ».
- La seconde se rapporte au recours, dans l'approche d'évaluation, à des experts. Comme nous l'avons vu, ces différentes évaluations n'étaient que faiblement corrélées, soulignant ainsi les différences d'interprétation des concepts. Une description plus approfondie de ces

concepts aurait été nécessaire afin d'augmenter la corrélation, de même qu'une analyse plus fine des explications fournies par les experts.

5.3. TEST PRELIMINAIRE DE L'OUTIL ECOASIT VERSION 5: TEST 2 « BOUILLOIRE »

5.3.1. OBJECTIF DU TEST ET OUTILS TESTES

Le test précédent nous a permis de montrer l'intérêt de l'outil ASIT sur des problématiques d'éco-innovation et a ainsi initié un processus de développement de l'outil d'éco-innovation EcoASIT orienté vers la phase d'idéation, et issu d'une adaptation de l'outil ASIT.

Ce processus de développement a notamment abouti à la version 5 de l'outil EcoASIT, présentée et décrite au chapitre 4. Cette dernière version de l'outil d'éco-innovation EcoASIT se présente comme un outil beaucoup plus structuré que l'outil initial ASIT, et ce, en particulier, par une description des objets du monde clos qui est prédéterminée, « générique » et donc indépendante du problème posé, alors qu'il doit être décrit par les utilisateurs dans le processus ASIT.

Ce deuxième test expérimental a pour objectif de valider la version finale d'EcoASIT, en montrant que, sans perdre les caractéristiques initiales de l'outil ASIT, il conduit à une réflexion ciblée sur les dimensions environnementales et sociales.

Nous allons donc reprendre la procédure d'approche de ce test réalisé avec la dernière version d'EcoASIT, et en présenter les résultats, étant indiqué que, pour ce test, 4 groupes d'étudiants ont été constitués, chacun des groupes utilisant l'outil EcoASIT, ce qui aura pour conséquence de recueillir le maximum de données sur la pratique de cet outil. Par ailleurs, les différents critères utilisés ont été, dans ce test, évalués dans les mêmes conditions que celui précédemment présenté.

Pour conclure, nous avons choisi une version papier de l'outil EcoASIT (reprise à l'annexe 4), avec des extraits de la mindmap développée au chapitre 4.

5.3.2. PROCEDURE

Le test s'est déroulé au cours d'une formation donnée à des étudiants en mastère d'éco-conception à l'Université Technologique de Troyes, et son intérêt a résulté avant tout dans le fait que l'outil EcoASIT a été utilisé par plusieurs groupes « en autonomie », c'est-à-dire hors la présence, et l'animation, des développeurs de l'outil.

(1) Etape préliminaire :

Une étape préliminaire est intervenue, en amont, consistant en une présentation rapide (de 2 heures), et à distance avec les 2 enseignants en charge d'encadrer le test. Cette présentation, qui a eu lieu les jours précédant le test, a répondu à la nécessité de présenter l'outil EcoASIT dans ses différentes composantes, le déroulement détaillé du test lui-même, ainsi que ses retombées attendues. Durant cette étape, tous les documents nécessaires pour un bon déroulement du test ont été fournis.

Les étapes suivantes ont concerné concrètement le déroulement du test, qui est synthétisé sur la figure 95.

(2) Etape 1(15 min) :

Cette étape a consisté en une présentation aux étudiants, par l'un des enseignants, de l'outil EcoASIT, ainsi que la présentation du cas d'étude. La présentation du cas a consisté à présenter le produit, ici une bouilloire, de ses composants, ainsi que des informations sur son cycle de vie. A l'issue de cette étape, les groupes ont été formés (G1, G2, G3, G4).

(3) Etape 2 (30 mn)

Cette étape a consisté en la mise en place du problème par chacun des 4 groupes, à travers l'utilisation des 9 écrans et du diagramme d'évaluation du problème. Cette étape a ainsi permis à chaque groupe d'identifier différentes problématiques sur le produit considéré. Puis, dans un souci d'alignement des processus, l'ensemble des 4 groupes s'est accordé sur un objectif identique pour la session afin de pouvoir faciliter l'exploitation de la phase de génération d'idées.

(4) Etape 3 (70min) :

Cette étape a consisté en la génération des idées, à travers la manipulation des trois opérateurs EcoASIT (Modification, Intégration et Suppression).

(5) Etape 4 (20 min) :

Une dernière étape avait pour objet de faire une première évaluation des idées. N'ayant pas été effectuée avec la rigueur et l'efficacité nécessaires dans certains groupes, elle n'a pas été prise en compte pour l'exploitation.

Enfin, directement à la suite de ce test, un premier questionnaire Q1 a été remis aux participants afin de recueillir leurs impressions immédiates sur l'outil.

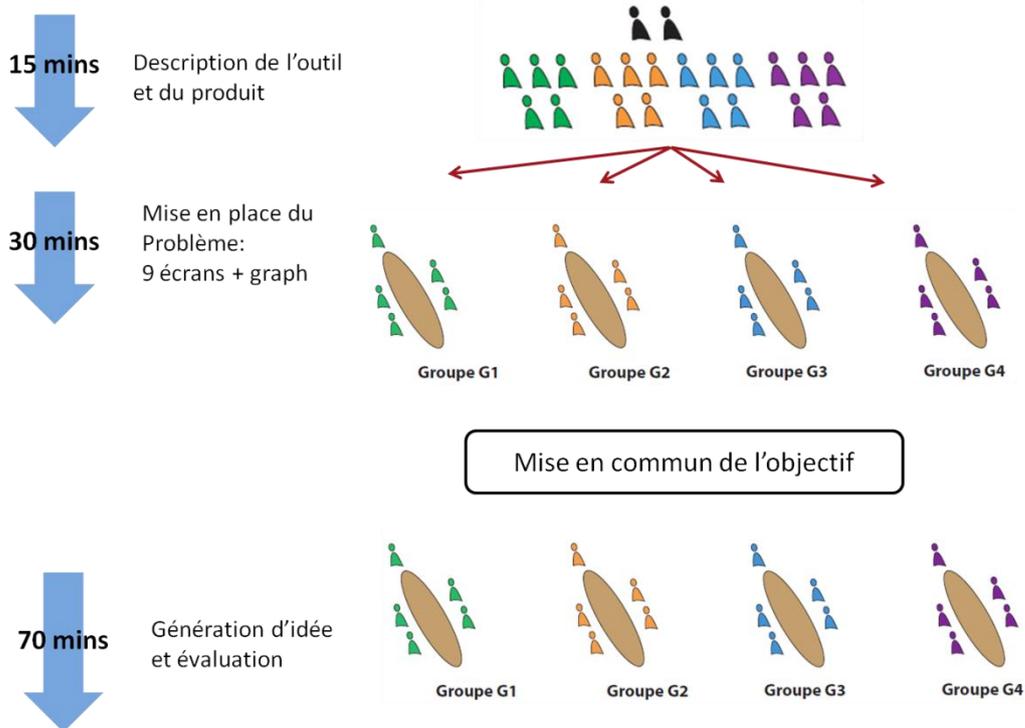


Figure 95 Déroulement du test 2

5.3.3. EQUIPEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Ce test a été analysé à l'aide de trois types de données (figure 96) :

Un premier type de données (O1) correspond aux documents utilisés par les différents participants. Ces documents se présentent sous deux formes :

- La version papier d'EcoASIT (9 écrans, graphique d'évaluation...) remplie durant la session créative ;
- Un document informatique, sous la forme d'un fichier Excel, qui permet d'avoir un retour précis sur le déroulement de la session. Ainsi, sur ce document informatique, chaque groupe devait noter les étapes marquantes du processus (Début session / 9écrans / Fin 9 écrans / changement d'opérateurs/) ainsi que les idées générées. Ce fichier a permis, plus généralement, à l'issue de la session, de connaître la chronologie des différentes phases et évènements de la session.

Un deuxième type de données (O2) correspond au fichier transmis aux enseignants pour recueillir leurs propres impressions. Ce document a permis, à l'issue de la session, d'avoir des retours sur les différentes étapes du processus (9 écrans, graphique d'évaluation, génération d'idées...), avec un focus sur trois questions principales :

- La facilité de prise en main de l'outil par le groupe ;
- Le temps de mise en œuvre ;
- La perception des étudiants sur l'apport de chaque étape.

Un troisième type de données (O3) correspond à l'envoi de questionnaires afin de recueillir les impressions des participants et leur perception de l'outil :

- Un questionnaire Q1, qui a permis de recueillir les impressions directement en fin de session ;
- Un questionnaire Q2 envoyé à J+7 se focalisant sur les caractéristiques globales de l'outil (le questionnaire envoyé est décrit en annexe 1).

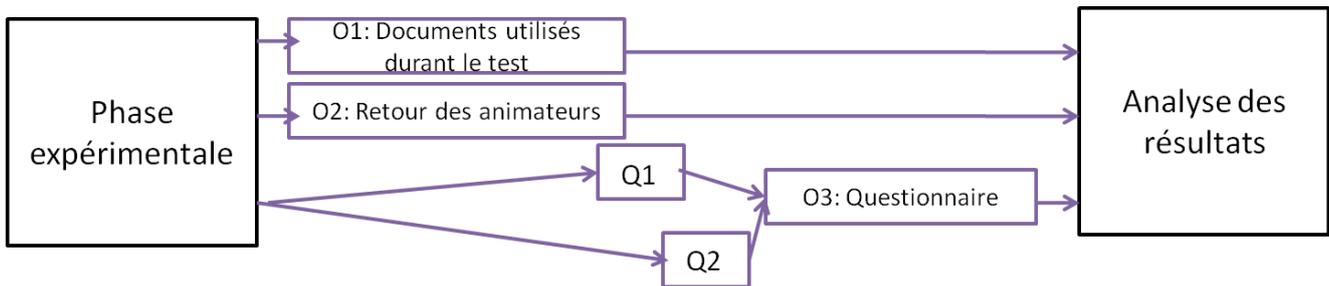


Figure 96 Données recueillies lors du test 2

5.3.4. RESULTATS

5.3.4.1. Analyse quantitative

➤ Fréquence des idées

Le principal objectif de ce test a été de s'attacher à caractériser le processus de l'outil et sa capacité à proposer des alternatives, ce qui a conduit à analyser la fréquence de génération des idées des différents groupes, et à comparer les résultats avec les données sur l'outil ASIT et EcoASIT issues des précédents tests expérimentaux.

Le graphique 97 ci-dessous montre ainsi la fréquence de génération d'idées lors de la phase de génération d'idées de chacun des 4 groupes. On constate que la fréquence reste constante tout au long de la session, avec, un enseignement important, que, malgré la faible formation des participants, le caractère structuré d'EcoASIT permet au groupe de générer de façon constante des idées tout au long de la session.

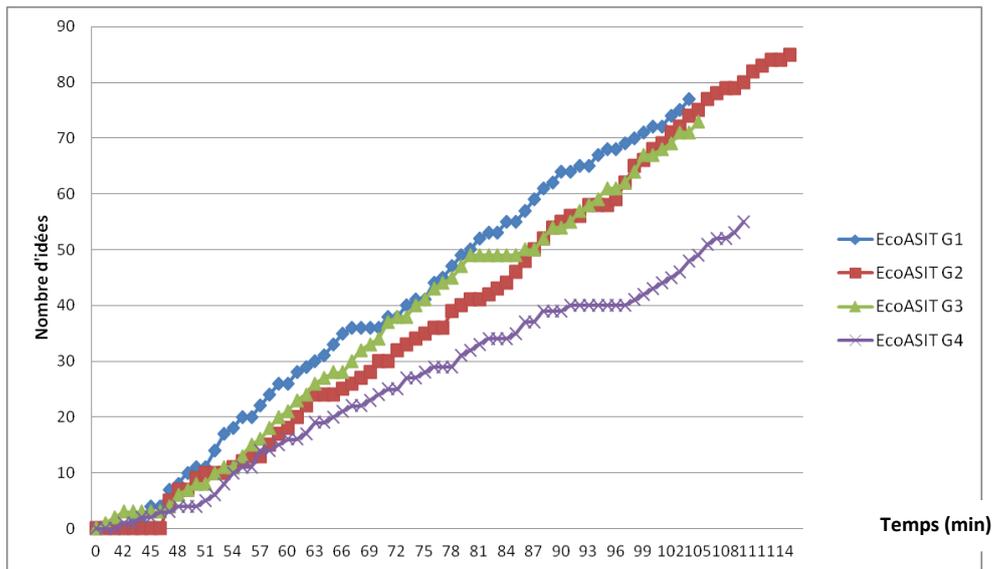


Figure 97 Fréquence de génération des idées des 4 groupes EcoASIT

En regroupant ces résultats avec les données des tests précédents expérimentant l'outil ASIT et EcoASIT, on obtient le tableau suivant (tableau 45). Ce tableau indique les coefficients directeurs des courbes de tendance résultant de ces tests, ainsi que les coefficients de détermination caractérisant la fiabilité de la courbe de tendance.

On remarque ainsi que, hormis le groupe G4, les outils EcoASIT et ASIT ont un rythme de génération d'idées relativement identique (1,26 idées.min⁻¹ pour ASIT et 1,18 idées.min⁻¹ pour EcoASIT).

Test		Coefficient directeur	R ²
Test 1 Luminaire extérieur	ASIT	1,23	0,98
	EcoASIT v1	1,29	0,98
Test 2 Rasoir	EcoASIT G1	1,23	0,99
	EcoASIT G2	1,19	0,99
	EcoASIT G3	1,14	0,99
	EcoASIT G4	0,77	0,99

Tableau 45 Coefficient directeur et coefficient de corrélation des courbes de tendances des tests 1 et 2

Ce test permet de constater, une nouvelle fois, que l'outil EcoASIT conserve les mêmes caractéristiques de stimulation que l'outil de créativité ASIT ; le résultat analysé permettant, également, de s'assurer que l'outil EcoASIT ne perd pas la dynamique positive de ASIT, tout en focalisant la réflexion sur des problématiques d'éco-innovation.

➤ Variété des idées

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à caractériser la variété des idées. Le tableau 45 expose des idées générées pour chacune des catégories tandis que le tableau 46 décrit les résultats du test pour les 4 groupes.

On peut remarquer que l'outil EcoASIT a permis de sortir du cadre du produit initial pour orienter la réflexion vers des concepts plus globaux, orientés vers du produit-service ou de la stratégie. En effet, bien que le sujet initial ait porté sur un produit, seulement 45% (en moyenne) des idées émises correspondent à des idées relevant directement du produit. Ce résultat confirme que l'outil EcoASIT permet de sortir du cadre technique, et du produit seul, pour considérer le système dans sa globalité.

<i>Exemple d'idées pour la bouilloire</i>	
Produit	Utiliser un sachet chauffant pour réchauffer L'eau
Produit-Service	Récupération des produits usagés sur une compensation
Service	Dématérialiser le service rendu par le produit (robinet d'eau très chaude)
Usage	Pré-enregistrement des volumes associés aux différentes tasses disponibles dans la maison
Méthode	Mutualisation de la chaîne de production avec d'autres produits
Stratégie	Favoriser la production de produits démontables

Tableau 46 Illustration du critère de variété des idées pour le cas de la bouilloire

On obtient ainsi pour les 4 groupes la proportion d'idées suivantes :

	G1	G2	G3	G4
Produit	50	45	54	33
Produit-Service	6	5	1	0
Service	5	2	4	6
Usage	12	8	6	10
Méthode	19	23	22	30
Stratégie	8	17	13	21

Tableau 47 Variété des idées générées Test 2 (en pourcentage)

Ce test, dont les résultats sont ici simplifiés, permet de confirmer que l'adaptation de l'outil ASIT en outil d'éco-innovation EcoASIT n'a pas fait perdre les caractéristiques initiales de stimulation de l'outil ASIT. L'outil permet au groupe de garder une dynamique constante tout au long de la session, tout en donnant au groupe la possibilité d'envisager des alternatives au produit, par exemple pour des concepts plus dématérialisés de services associés, ou encore de stratégie d'entreprise.

5.3.4.2. Analyse qualitative sur le processus EcoASIT

Ce test nous a permis de recueillir un ensemble d'impressions concernant le test, mais aussi concernant son utilisation. Pour cela, deux questionnaires ont été distribués aux participants des 4 groupes :

- un premier questionnaire, rempli et récupéré dès la fin du test, répondait à la démarche visant à recueillir les impressions « à chaud » des intervenants à ce test questionnaire portant essentiellement sur les différentes étapes du processus EcoASIT ;
- un deuxième questionnaire, envoyé 7 jours plus tard, concernait les principales caractéristiques de l'outil EcoASIT.

En parallèle, les retours des enseignants permettaient de connaître les impressions générales sur la manipulation de l'outil par les participants.

➤ Retour sur la mise en place du problème

La mise en place du problème s'est déroulée en 2 phases.

Une première phase, au cours de laquelle les groupes ont été amenés à manipuler l'outil des 9 écrans, afin de définir un univers et un périmètre d'étude commun.

Une deuxième phase, où les groupes ont eu à évaluer le produit de référence sur le diagramme d'évaluation, afin de déterminer un objectif pour la phase de génération d'idées.

Les graphiques ci-dessous reprennent les réponses au questionnaire distribué directement après la session pour analyser la perception des participants sur le processus de l'outil.

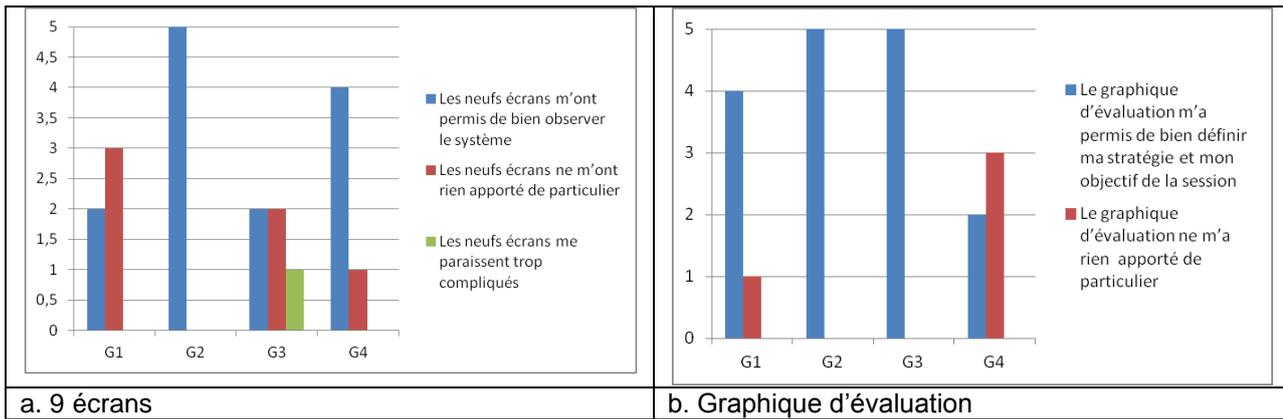


Figure 98 Perception des utilisateurs sur l'utilisation des 9 écrans et le graphique d'évaluation

Ainsi, dans la première phase, qui consistait en la manipulation de l'outil 9 écrans, l'objectif majeur était de permettre à un groupe hétérogène de s'accorder sur le périmètre du système à prendre en compte pour la phase de génération d'idées. Nous avons donc considéré cet outil comme un micro-outil permettant une réflexion sur les frontières du système.

Une analyse qualitative de l'utilisation de cet outil par les différents groupes nous conduit, par ailleurs, à mettre en avant certaines observations :

L'analyse de Chambon montrait que l'utilisation des 9 écrans révélait « des acceptions différentes de la notion de super-système » (Chambon et al., 2010), et dans notre expérimentation, nous retrouvons ces différences d'interprétation de la notion de super-système. L'un des groupes a par exemple défini le super-système à travers l'environnement immédiat du produit, en l'occurrence la cuisine. Cette vision ne propose que peu de remise en cause du produit et des frontières du système. Un exemple est proposé dans la figure 99.

Un autre groupe a, quant à lui, traduit ce super-système en redéfinissant la fonction même de la bouilloire, à savoir, faire de l'eau chaude. Le groupe ne parle donc plus de produit, mais de service rendu.

Ces écarts d'interprétation soulignent la difficulté de compréhension de cet outil, et la nécessité de mieux accompagner le groupe pour définir les frontières du système qu'il souhaite étudier.

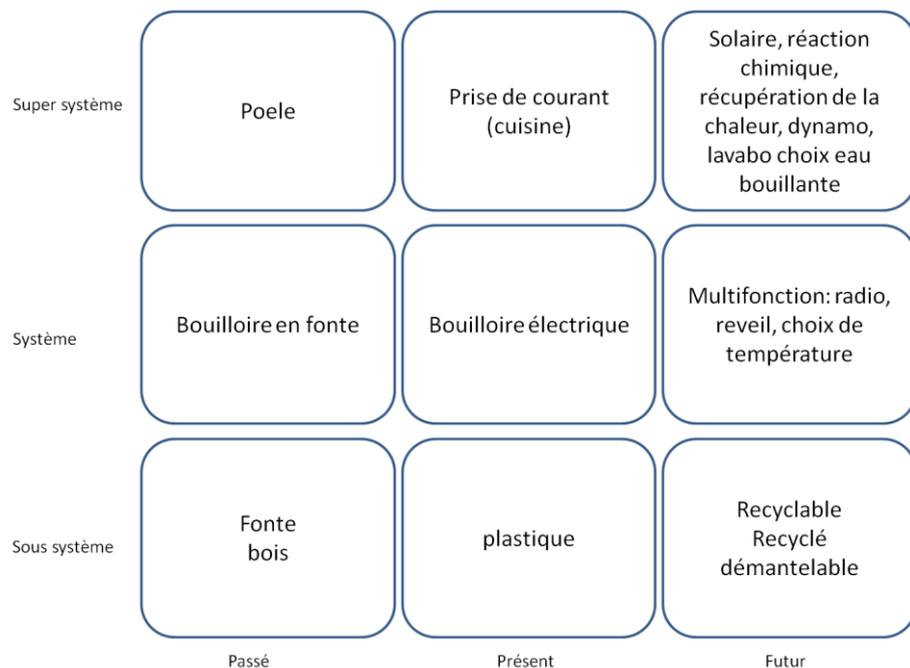


Figure 99 Exemple d'utilisation des 9 écrans pour le test

Ces diverses interprétations, que l'on retrouve dans les différentes cases de l'outil, conduisent à en tirer une conséquence majeure : Si elles sont l'expression d'un enrichissement, en mettant en valeur l'hétérogénéité d'apport des participants, elles posent aussi la difficulté de la compréhension de l'objectif de cette étape.

Comme le soulignent les enseignants, « très peu ont défini un langage commun, et l'objectif des écrans n'a pas forcément été bien compris ».

Ainsi, dans des groupes composés d'étudiants, l'intégration des 9 écrans dans le processus global EcoASIT est moins évidente que dans des groupes composés de professionnels (industriels, chercheurs, experts, consultant...).

Cette difficulté d'appropriation par les étudiants, nous la retrouvons dans les résultats donnés dans la figure 96, ou pour 2 groupes sur 4, l'approche des 9 écrans n'a pas aidé à la compréhension du système. Par ailleurs, le passage de cet outil au diagramme d'évaluation n'est pas évident. Enfin, l'approche a été essentiellement technologique, sans réflexion sur l'usage et on est donc resté très proche du produit initial.

Les 9 écrans ont été créés pour aider le groupe à s'ouvrir, et ne pas bloquer sa vision sur son problème immédiat. Cet outil permet d'envisager des nouvelles évolutions et tendances afin d'aider à la mise en place de l'objectif, et dans cette perspective, les 9 écrans doivent être davantage intégrés dans le processus d'éco-innovation EcoASIT.

Comme nous avons pu le voir, O'Hare propose de coupler les 9 écrans avec le cycle de vie du produit, chacun des écrans correspondant finalement à une étape du cycle (O'Hare, 2010).

Cette solution ne nous paraît pas pertinente, car elle fait perdre la dimension méta-système de l'outil. Nous pensons donc qu'il serait intéressant de systématiser l'intégration des 9 écrans dans le processus EcoASIT, en intégrant le diagramme d'évaluation dans l'écran système futur, qui correspond mieux à l'objectif souhaité (cela revient à l'approche 2 de l'outil proposée au chapitre 4).

Avec cette nouvelle version, le groupe, après avoir défini son système, et l'environnement qui l'entoure, ainsi que le contexte futur, peut observer les tendances d'évolutions, et à l'aide du diagramme, fixer plus aisément son objectif. Par ailleurs, cette solution pourrait intégrer les lois d'évolution de TRIZ.

A la suite de la mise en place du périmètre d'étude, par utilisation des 9 écrans, une deuxième étape a consisté en l'utilisation du graphique d'évaluation. Ce graphique propose d'évaluer le système autour de 5 axes, lesquels définissent des points d'entrée, source d'innovation. Cette évaluation a pour but de synthétiser les informations acquises autour du produit.

Les retours sur le graphique (figure 98, b) montrent ainsi que cet outil a été efficace en permettant d'aider les groupes dans la formalisation de l'objectif (93% des réponses positives). Les différentes réactions des animateurs et des participants décrivent ainsi ce radar tel un outil intuitif qui selon les commentaires « permet de bien cerner la problématique ». L'objectif est avant tout de permettre une génération rapide.

Cette tendance rejoint donc les retours sur l'outil Eco-compass, qui propose de mêler des notions de cycle de vie et d'impacts environnementaux. L'une des conséquences de ce diagramme, qui mêle différentes notions, est qu'il permet d'établir plus facilement un langage commun et, en particulier, une vision commune sur le concept de « produit éco-innovant ». Il permet ainsi de bien calibrer le processus d'éco-innovation et d'en présenter les principaux enjeux.

En effet, à la question concernant l'intérêt de ce diagramme d'évaluation, on note que 90% des participants considère que le groupe s'est rapidement entendu sur la notion de produit durable, ou encore, que cette notion n'a pas gêné le groupe.

Ce point s'avère être important, les workshops proposés par Simona Rocchi montrant notamment que ces discussions autour du concept de développement durable ralentissaient fortement le processus d'innovation (Rocchi, 2005).

De plus, ce diagramme favorise le dialogue, la diversité des terminologies semblant largement favoriser les discussions et, pour reprendre les propos d'un participant, propose « un échange de connaissances en dirigeant fortement la discussion vers une créativité ».

En analysant plus spécifiquement les évaluations des différents groupes, on peut noter deux évidences :

- une facilité et une concordance de l’ensemble des groupes pour l’analyse des aspects orientés vers des thématiques « classiques » de l’éco-conception : ressources et déchets ;
- une grande dispersion pour les aspects usage, activité locale et perception, qui sont subjectives et difficilement quantifiables.

On retrouve donc cette opposition entre les notions objectives, liées aux « performances environnementales » du produit, telles que sa consommation de ressources et les pollutions qu’il engendre, et les notions subjectives, plus ouvertes à la discussion et à l’interprétation.

Ainsi, en tenant compte uniquement des objectifs des groupes, nous obtenons le tableau suivant (tableau 48) qui résume l’objectif des 4 groupes avant la mise en commun.

Ce tableau illustre ainsi une focalisation sur les approches immédiates orientées « éco-conception », en oubliant, par exemple, des réflexions sur l’usage. Ce tableau répond donc à une hypothèse logique émise dans le chapitre de développement qui montrait que le groupe allait naturellement se tourner vers des problématiques plus simples d’accès, orientées sur des problématiques environnementale.

On remarque aussi une volonté du groupe de travailler en simultanée sur deux problématiques (ressource et durabilité, par exemple), ce qui revient à notre première approche de l’outil, qui cherchait à coupler des problématiques (approche 1 de l’outil).

Il serait intéressant, par la suite de travailler, sur cette mise en place de l’objectif et, particulièrement, sur l’orientation du groupe, en partant d’un objectif classique (ressources/ déchets) pour aller vers un objectif plus novateur de réflexion sur l’usage, ou l’activité locale.

Groupe	Objectif
Groupe G1	Diminuer la consommation de ressources
Groupe G2	Diminuer la consommation de ressources (tout en limitant l’activité globale)
Groupe G3	Réduire la consommation de ressources tout en améliorant la durabilité
Groupe G4	Réduire la consommation de ressources tout en améliorant la durabilité Optimiser l’utilisation locale de la bouilloire

Tableau 48 Objectifs des 4 groupes

Enfin, les commentaires des enseignants ont permis de souligner la difficulté des participants à passer du graphique d’évaluation à la formalisation de l’objectif, ce qui souligne l’intérêt d’une mindmap des objectifs (non utilisée dans ce test) laquelle, à chacun des axes du diagramme, peut proposer des objectifs potentiels, de plus en plus précis, afin d’orienter le groupe vers cette formalisation.

➤ Retour sur la phase de génération des idées

La phase d’idéation a consisté en la génération de phrases stimulantes, par utilisation des opérateurs EcoASIT (Suppression Intégration, Modification), et des objets proposés permettant aux groupes de générer des idées. Ainsi, l’une des grandes différences entre l’outil de référence ASIT et l’outil EcoASIT résulte dans l’utilisation d’objets pré-câblés et génériques, qui ne dépendent pas du système étudié, et ne sont pas choisis par le groupe.

En cela, il s’agit d’une méthode utilisant un processus systématique.

L’utilisation de ces « stimuli » présente, selon un participant, l’avantage de « donner une structure à la séance de brainstorming », tandis que d’autres participants soulignent l’aide apportée pour pousser le groupe à être plus créatif. Par ailleurs, comme nous l’avons vu, on remarque que malgré cette généricité des objets manipulés, les groupes arrivent malgré tout à générer une grande variété de solutions (solutions techniques très liées au produit initial, et solutions plus stratégiques).

Ce résultat permet de montrer que le groupe arrive à interpréter ces objets génériques afin de les appliquer au système étudié, et à générer des solutions adéquates. Il confirme qu’un processus créatif, instrumenté par une généricité de stimuli, est efficace dans la variété des solutions proposées.

Par ailleurs, les réponses des participants quant au choix des objets proposés soulignent que ces objets ont été considérés pertinents par l’ensemble des groupes (figure 100). Néanmoins, cette même question montre que, pour un certain nombre de participants, certains objets (usage, dynamisme local, perception) étaient complexes dans leur manipulation. Ces objets nécessitent, en effet, une interprétation

particulière pour pouvoir les adapter au système étudié (la bouilloire), et, surtout, un niveau de conceptualisation ainsi qu'un effort cognitif plus important.

L'une des réponses potentielles à ces difficultés réside dans la mise en place d'une étape particulière dans le processus d'éco-innovation EcoASIT, au cours duquel le groupe a pour objectif de redéfinir chaque objet pour le système étudié.

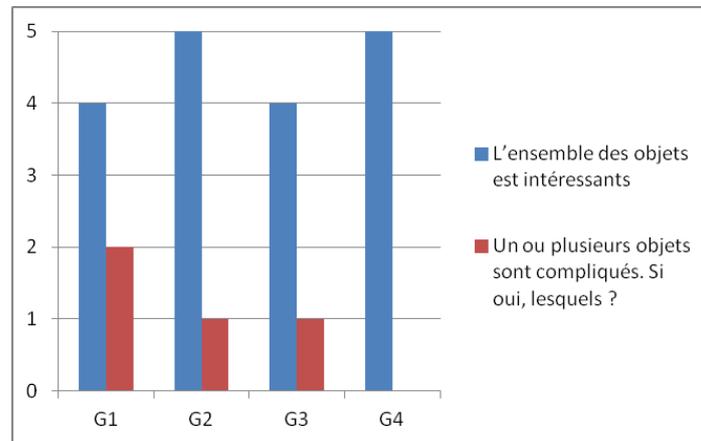


Figure 100 Perception des utilisateurs sur les objets EcoASIT

Par ailleurs, on peut noter, suite au test, dans les réponses des participants, une difficulté dans la manipulation de certains opérateurs, en particulier, l'opérateur Intégration. Celui-ci a été mis en place dans l'objectif de casser l'aspect linéaire d'ASIT, qui ne propose que la manipulation d'un objet par opérateur, pour envisager, au contraire, la mise en place de nouveaux modèles et le travail sur deux objets.

Ainsi, cet opérateur a pour objectif de faciliter une génération d'idées plus systémiques. Un participant note que cet opérateur « développe l'esprit créateur dans ces différentes mises en relation proposées ». Néanmoins, il a été perçu comme un opérateur compliqué à manipuler et à interpréter. Il demande en effet un effort cognitif plus important que les autres opérateurs.

Enfin, l'une des principales limites, constatées tant par les enseignants que par les participants lors du test, vient d'une impression de redondance entre les différentes phrases stimulantes. En effet, chaque objet est utilisé par les 3 opérateurs EcoASIT, ce qui peut générer cette impression de redondance. Cela peut s'expliquer notamment par le fait que la focalisation du groupe s'est portée sur l'objet étudié (par exemple, « Supprimer l'utilisation »), et non la phrase composée de l'objet et de l'objectif de la session (par exemple « Supprimer l'utilisation du produit va me permettre d'atteindre mon objectif »).

De plus, EcoASIT a été développé dans le but de favoriser l'éco-innovation au sein de groupes non experts sur les thématiques environnementales. Or les participants de ce test étaient des étudiants en éco-conception, et donc familiers de ces thématiques, ce qui peut expliquer ce sentiment de répétition.

➤ Focus sur la perception des participants quant à la réutilisation autonome de l'outil et la confiance dans les résultats

Comme nous l'avons annoncé précédemment, nous avons envoyé à l'ensemble des participants un questionnaire, une semaine après le test, afin de recueillir leurs impressions sur l'outil EcoASIT.

Ce questionnaire reprend les principales caractéristiques proposées au chapitre 3. Nous avons plus particulièrement analysé les réponses du questionnaire sur deux points particuliers :

- la réutilisation future de l'outil de manière autonome,.
- la perception des résultats engendrés.

La figure 101 reprend ces résultats.

L'une des questions posée aux participants concernait le sentiment qu'ils avaient de pouvoir réutiliser l'outil de manière autonome. On constate que la majorité des participants pensent pouvoir utiliser l'outil sans formation supplémentaire, ou avec un court supplément de formation.

Afin de mettre en perspective ce résultat, il est important de rappeler que ce test avait été réalisé dans le cadre d'une formation proposée à des étudiants de mastère en éco-conception, sans la présence des développeurs de l'outil (les enseignants de ce cours ayant bénéficié, préalablement, d'une courte formation sur l'outil EcoASIT).

Ainsi, on peut noter que même sans une formation approfondie sur l'outil, avec pour conséquence une manipulation plus hasardeuse de l'outil, les résultats restent prometteurs, ce qui souligne la simplicité de cet outil. Ce résultat met également en valeur le fait que les participants, à la suite immédiate de ce test et une semaine plus tard, ont intégré les principaux mécanismes de l'outil EcoASIT.

Néanmoins, en rapprochant ces résultats des retours des participants sur la question concernant leur compréhension de l'objectif de la démarche (figure 101, b), nous remarquons une certaine contradiction. En effet, nous avons vu précédemment que les objectifs d'un outil, et des étapes intermédiaires, doivent être clairs afin que le groupe connaisse les données d'entrées et les différentes sorties. Or la perception des participants, quant à cette clarification des objectifs, est mitigée.

En effet, 43% d'entre eux considèrent que les objectifs de l'outil, ainsi que la démarche elle-même, ne sont pas clairs, voire qu'ils ne comprennent pas l'objectif. Ainsi, l'un des participants explique qu'il ne comprend pas la plus-value de cet outil, tout en reconnaissant qu'il permet d'améliorer « l'esprit créatif du groupe ».

Ces remarques sont importantes. Nous avons en effet déjà souligné l'importance de montrer en quoi un outil peut être bénéfique pour le groupe. A défaut, il ne sera pas utilisé, ou régulièrement utilisé. Il apparaît donc nécessaire de bien définir, ou encore de codifier, quelles données d'entrées sont nécessaires à chaque étape du processus EcoASIT (9 écrans, Diagramme d'évaluation, Génération d'idées, évaluation des idées), et quels en sont les résultats attendus.

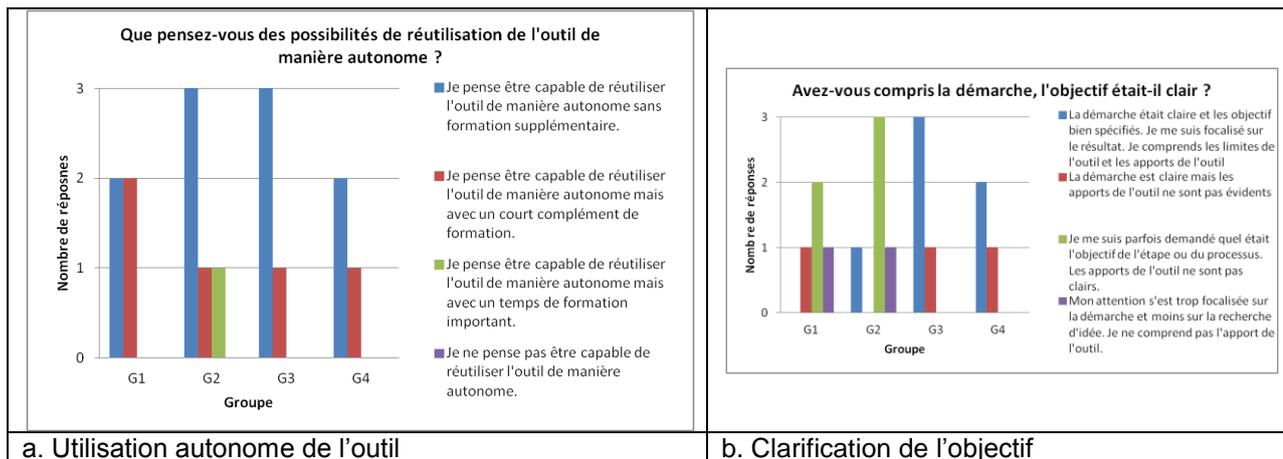


Figure 101 Perception des utilisateurs quant à une utilisation autonome de l'outil et la clarification de l'objectif

Dans un deuxième temps, nous nous sommes focalisés sur les réponses des participants concernant leur perception des idées qu'ils ont générées (figure 102), ainsi que sur leurs commentaires des résultats.

Les deux graphiques, ci-dessus, nous permettent de faire deux constatations :

- les participants ont, dans leur grande majorité, perçu leurs idées comme pertinentes d'un point de vue environnemental ;
- leur perception de l'originalité des idées générées est plus mitigée.³¹

Nous pouvons émettre l'hypothèse que ce retour mitigé, quant à la perception de l'originalité des idées, correspond à une attente de la part des étudiants d'une « pépite ». L'un des participants fait, dans ce sens, l'observation qu'il n'a pas trouvé d'innovation « miracle ». Le groupe attend en effet souvent d'être totalement surpris par une idée durant la phase de génération d'idées. Or, Boldrini remet en cause ce « mythe », en expliquant qu'une innovation ne peut venir d'une phase ponctuelle sur un projet, mais plutôt d'un processus global (Boldrini, 2005).

³¹ Nous pouvons noter que le groupe G4 apparaît être le plus mitigé.

La séance de créativité demande de revisiter des concepts déjà générés, afin d'en déterminer les grandes axes, et pouvoir avoir une meilleure visibilité des résultats. Un certain recul est nécessaire afin d'analyser les idées. Ce retour mitigé peut aussi s'expliquer par la réalité-même d'un processus de créativité « systématique », processus câblé, très orienté, et qui peut avoir pour effet de faire perdre, en apparence la notion d'originalité liée à celle de créativité. Nous pouvons rappeler, une nouvelle fois, qu'on cherche ici à travailler avec des objets existants, contrairement à des méthodes plus aléatoires, portant sur des champs de recherche moins connus.

Ainsi, à l'instar de Sherwin qui considère que l'« *innovative ecodesign* » est avant tout une activité exploratoire (Sherwin, 2000), le processus EcoASIT doit avant tout être perçu comme un processus exploratoire, sur des pistes de réflexion, ou encore des ouvertures possibles d'innovation à reprendre lors de séances ultérieures. portant sur des approches, alors envisagées, de créativité.

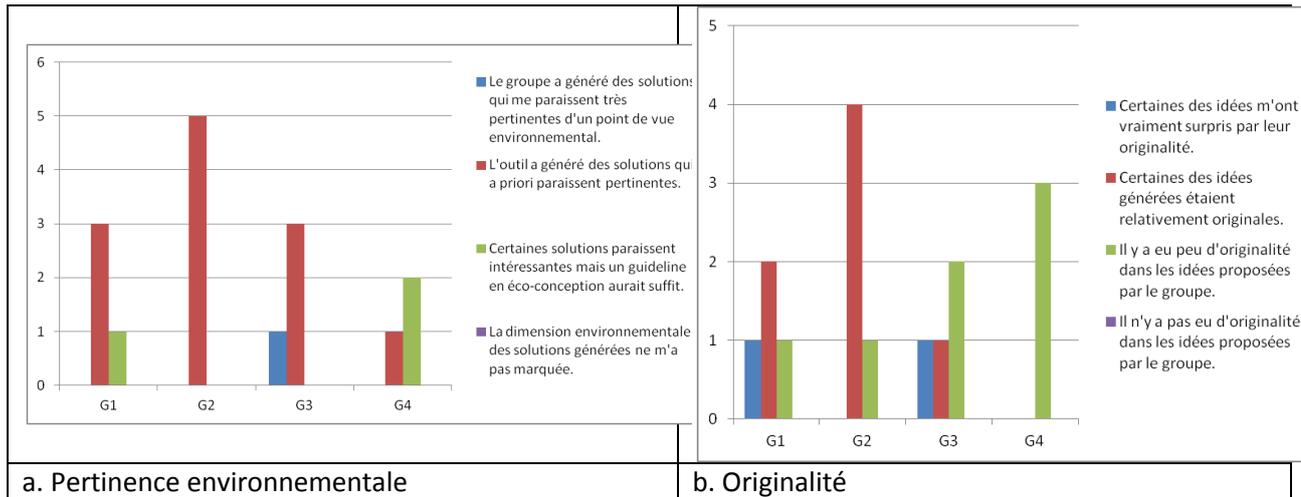


Figure 102 Perception des utilisateurs sur la pertinence environnementale et l'originalité des idées générées

5.4. TEST EXPERIMENTAL DE L'OUTIL ECOASIT : TEST 3 « RASOIR »

5.4.1. OBJECTIF DU TEST ET OUTILS TESTES

Nous avons procédé, à travers les deux tests précédemment décrits et analysés, à une étude de l'utilisation de l'outil EcoASIT, et montré que celui-ci n'a pas perdu les qualités initiales de l'outil ASIT, tout en ayant des atouts supplémentaires dans les phases d'idéation des processus d'éco-innovation.

Nous allons maintenant restituer les résultats obtenus à l'occasion d'un troisième test effectué lors d'un séminaire organisé dans le cadre du projet européen (franco-espagnol), CREATINN,³² portant sur l'innovation. Ce workshop s'est traduit par une séance de créativité animée par l'équipe de recherche, et destinée à l'ensemble des 23 participants du séminaire, de nationalité française et espagnole (un service de traduction adéquat ayant permis une bonne compréhension et une bonne communication entre participants).

L'objectif de ce test portait sur l'outil EcoASIT, et sa capacité à stimuler efficacement un groupe sur des problématiques de développement durable.

5.4.2. ETAPE DE LA PROCEDURE

Nous avons divisé notre test en 3 étapes principales comprenant une étape de présentation de l'expérience et une deuxième étape de session d'éco-innovation. L'ensemble de ce processus a été animé par l'équipe de recherche.

³² <http://www.creatinn.eu/>

(1) Etape 1 (20 min)

Une première étape a conduit les animateurs à faire une présentation générale de l'éco-innovation, ainsi que du fonctionnement de l'outil EcoASIT. Le cas d'étude, cas fictif, portait sur un rasoir masculin jetable. Les informations transmises aux participants reprenaient des données sur les matériaux composant le produit, ainsi que des données génériques sur la consommation de ce produit.

Ce cas d'étude a été choisi pour sa facilité de compréhension, permettant très rapidement de commencer cette session de créativité.

(2) Etape 2 (20 min)

Comme le montre la figure ci-dessous, le test n'a pas fait appel au processus EcoASIT global. Nous avons donc proposé d'évaluer le produit de référence à l'aide du radar EcoASIT, qui a permis de définir l'objectif de la session.

(3) Etape 3 (70 min)

Etape centrale du workshop, il s'agissait d'une phase de génération d'idées, au cours de laquelle l'ensemble des opérateurs EcoASIT ont été utilisés. Un secrétaire de session a par ailleurs, listé l'ensemble des idées générées.

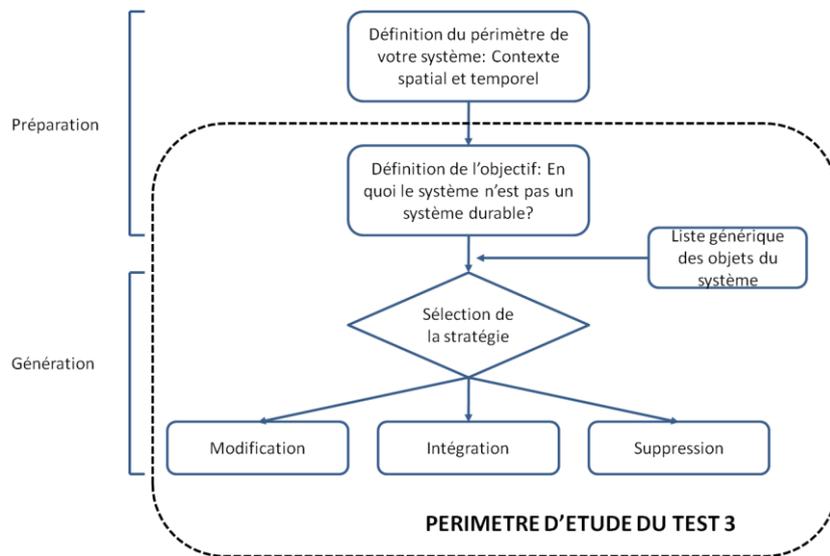


Figure 103 Périmètre d'étude pris en compte dans le test 3

5.4.3. EQUIPEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Nous avons vu, au chapitre précédent, qu'une version informatique de l'outil EcoASIT avait été développée. Nous avons utilisé cette version informatique dans le cadre de ce test.

De plus, cette version informatique avait été conçue de telle manière qu'elle permettait de recueillir des informations précises sur le déroulement de la méthode et, notamment, sur les temps de génération des différentes idées.

5.4.4. RESULTATS

Etant donné le contexte de ce workshop (groupe bilingue) nous nous sommes focalisés sur une approche quantitative. Pour ce faire, nous avons utilisé deux critères orientés « processus », d'ailleurs utilisés dans les tests précédents:

- (1) la fréquence de génération des idées, qui permet de caractériser le dynamisme du groupe. Cet indicateur a été calculé à l'aide de l'outil informatique qui, comme nous l'avons déjà constaté, permet d'évaluer le rythme de génération d'idées du groupe ;
- (2) la variété des idées émises, qui permet d'évaluer la capacité du groupe à explorer le champ des possibles et à parcourir la problématique initiale.

➤ **Fréquence des idées**

Un premier résultat concerne la fréquence de génération d'idées du groupe (figure 104). Ce résultat permet de constater que la fréquence de génération d'idées est constante tout au long de la phase de génération d'idées (taux de génération d'idées moyen de 1,48 idée.min⁻¹).

On remarque ainsi que, bien que le groupe soit constitué de participants de nationalité différente, avec certaines difficultés périphériques liées à la traduction simultanée des échanges, l'outil a favorisé une dynamique de génération constante d'idées.

Ce premier résultat permet donc de souligner, et de confirmer une fois encore, que l'outil EcoASIT garde les mêmes caractéristiques performantes de l'outil ASIT.

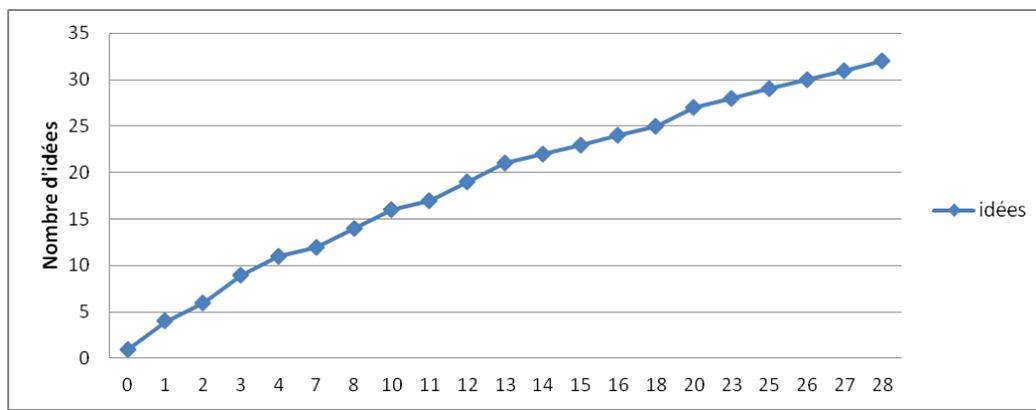


Figure 104 Fréquence de génération des idées émises par le groupe durant le workshop

Le tableau ci-dessous, qui reprend l'ensemble des résultats issus des différents tests, permet ainsi de constater une constance dans la fréquence de génération d'idées, rendant ainsi notre observation robuste.

Test		Coefficient directeur	R ²
Test 1	ASIT	1,23	0,98
	EcoASIT v1	1,29	0,98
Test 2	EcoASIT G1	1,23	0,99
	EcoASIT G2	1,19	0,99
	EcoASIT G3	1,14	0,99
	EcoASIT G4	0,77	0,99
Test 3	EcoASIT	1,48	0,97

Tableau 49 Coefficient directeur et coefficient de corrélation des courbes de tendances sur les 3 tests

➤ **Variété des idées**

Un deuxième résultat porte sur l'analyse de la capacité de l'outil à aider le groupe à explorer le champ des possibles. Pour cela, l'échelle proposée au chapitre 3 a été utilisée, permettant de classer les différentes idées émises (Produit/ Produit-Service/ Service/ Usage/ Méthode/ Stratégie).

Le tableau 50 nous permet de visualiser les résultats, ainsi que des exemples d'idées générées pour chacune des catégories. Il nous conduit à remarquer que les idées générées permettent de sortir du cadre du produit, et ainsi d'envisager l'ensemble des possibilités.

	<i>Exemple d'idée pour le rasoir</i>	<i>Proportion d'idées (%)</i>
Produit	Inventer une lame en plastique pour un produit mono matière	41
Produit-Service	- <i>Aucune idée n'a été générée sur ce point</i> -	0
Service	Relancer le service de barbier	7
Usage	Manche multi fonction (brosse à dent, ...)	17
Méthode	Instauration d'un concours pour favoriser le recyclage	4
Stratégie	Distribuer le produit sur les lieux où on a besoin d'un jetable (aéroport, gare, hôtel...)	31

Tableau 50 Variété des idées générées Test 3 (en pourcentage)

5.4.5. SYNTHESE

Ce test, animé par les développeurs de l'outil, dans le cadre d'un projet européen avec des participants français et espagnols, visait à confirmer notre approche méthodologique de l'outil EcoASIT.

Le contexte multilingue, qui a nécessité l'apport d'une traduction simultanée, a été un élément important de l'étude. Il a notamment favorisé le retour sur des principes simples de l'outil, ce qui a pu contribuer à une génération d'idées plus efficace. Il a ainsi pu mettre en valeur l'intérêt du diagramme d'évaluation qui permet d'instaurer une vision commune de l'éco-innovation et ainsi trouver rapidement un objectif commun.

5.5. DISCUSSION ET SYNTHESE GENERALE

Notre validation expérimentale de l'outil EcoASIT s'est faite en 3 étapes d'expérimentation :

- Une première étape d'expérimentation, permettant de comparer les performances de l'outil de créativité ASIT avec des outils d'éco-innovation, et de démontrer l'intérêt de cet outil de créativité sur des problématiques environnementales.
- Une deuxième étape d'expérimentation réalisée auprès d'étudiants en mastère d'éco-conception, en totale autonomie, sans la présence des développeurs de l'outil.
- Une troisième étape d'expérimentation consistant à analyser les performances de l'outil EcoASIT dans un contexte européen, avec un groupe de participants franco-espagnol.

Les deuxième et troisième tests ont permis de confirmer que l'outil EcoASIT conservait les caractéristiques bénéfiques de l'outil ASIT, tout en focalisant la réflexion sur les thématiques d'éco-innovation.

Malgré un nombre restreint de cas d'étude, qui ne permettent de conclure que sur des observations de tendances et non des résultats approfondis, notre étude expérimentale permet néanmoins d'entrevoir les forces et les faiblesses de l'outil EcoASIT, et ainsi d'envisager son optimisation future.

Ainsi, l'une des conclusions majeures à tirer de l'outil EcoASIT, et de son utilisation, est que bien qu'il s'agisse d'un outil se caractérisant par un processus basé sur l'utilisation de phases stimulantes génériques et plus « câblées » que celles d'ASIT, ses utilisateurs parviennent à adapter ce processus au cas d'étude qui leur est proposé. Les résultats obtenus montrent, en effet, que les groupes arrivent, non seulement, à générer des idées très focalisées sur le système étudié, mais également, à générer d'autres idées ayant des niveaux systémiques et de variété beaucoup plus élevés.

Par ailleurs, la taille des objets manipulés lors des séances d'innovation, qui, dans le cas d'EcoASIT, restent très généraux (fabrication, ressources ...) permet néanmoins de générer des concepts de niveau « sous-système ».

Ces différents tests ont également permis la mise en valeur d'un processus d'éco-innovation simple et stimulant efficacement le groupe, et cela, tout au long de la séance de créativité et sans qu'il y ait fléchissement du taux de génération des idées. Ainsi, cet outil permet de structurer une séance de créativité et garantit aux groupes qui l'utilisent une séance efficace tant en terme de fréquence de génération qu'en terme de variété des idées.

Le deuxième test en présence d'étudiants, a été particulièrement intéressant du fait que l'outil EcoASIT a été manipulé par des personnes sans véritable formation à l'utilisation d'outils de créativité.

Par ailleurs, ce test se déroulait sans la présence des développeurs de l'outil mais uniquement en présence d'enseignants préalablement formés de manière succincte. Ainsi, ce test nous permet d'avoir une vision objective des résultats obtenus, à travers notamment les retours des enseignants et à travers les données purement quantitatives. Ainsi, nous avons pu remarquer que l'outil EcoASIT s'avérait efficace malgré le peu d'expérience des groupes sur les méthodes de créativité, et leur utilisation. Enfin, outre la performance de la phase d'idéation, nous avons pu montrer l'intérêt de l'utilisation du diagramme d'évaluation issu de la phase de mise en place du problème, lequel s'est révélé efficace, en facilitant la détermination d'un objectif commun, mais aussi d'un langage commun, parmi les participants.

De plus, ce test a permis de mettre en relief une opposition majeure entre les groupes étudiants et industriels, experts en éco-conception ou non, sur l'utilisation de l'outil. En effet, l'outil a été réalisé prioritairement pour un profil utilisateur non expert en éco-conception. Si un non expert en éco-conception trouvera dans l'outil une aide efficace dans la génération d'idée éco-innovante, à travers par exemple la prise en compte de l'approche cycle de vie et globale d'un produit ou service, un expert en éco-conception qui maîtrise ces notions se sentira probablement brider par un processus très systématique.

Enfin, ce test étudiant a révélé certaines faiblesses de l'outil, et particulièrement le manque de clarté dans les résultats attendus aux différentes étapes du processus. Les objectifs de l'outil ne sont pas perçus assez clairement, et les bénéfices que peut en retirer un groupe se doivent d'être plus facilement identifiés. Ces caractéristiques sont pourtant importantes car elles participent à une meilleure intégration de l'outil dans les entreprises. Malgré tout, cette faiblesse peut aussi s'expliquer par le profil étudiant des utilisateurs.

Ces différents tests présentent de plus certaines limites qui nécessitent de mettre en perspective nos conclusions sur l'efficacité de cet outil. Notre analyse s'est en effet avant tout concentrée sur une analyse du processus et non des résultats. Cela revient donc à qualifier la performance d'un outil de créativité uniquement sur sa capacité de déstructurer le problème initial et ainsi explorer efficacement le champ des possibles.

Nous émettons en effet le postulat que les idées ne peuvent pas être évaluées en sortie de séance de créativité : ni par le groupe, ni par des experts. Ce postulat a été confirmé dans le premier test où nous avons cherché à corréliser les évaluations réalisées par différents experts de concepts générées lors du premier test expérimental. Nous avons pu observer une grande dispersion des notes.

Cette faible corrélation entre les évaluations montre ainsi qu'il est nécessaire de mettre en place de nouvelles procédures pour obtenir une évaluation fiable afin de juger l'efficacité des processus de créativité. Nous reviendrons sur cette limite dans la conclusion de cette thèse.

Par ailleurs, la pertinence de l'analyse des résultats est limitée car il s'agit avant tout de tests expérimentaux sur des cas fictifs, sans pression particulière sur le résultat. Seules des expérimentations et des retours industriels peuvent répondre à une analyse pertinente.

C'est notamment pour ces raisons que Howard analyse les résultats des séances de créativité avant tout sur les concepts sélectionnés par les entreprises tests lors des différents jalons de leur processus de conception (Howard et al., 2008).

Enfin, l'une des limites réside dans l'analyse des questionnaires permettant de recueillir la perception des utilisateurs. Le nombre réduit de réponses ne permet pas d'établir des conclusions robustes et générales. Nous pouvons uniquement obtenir des tendances particulières.

Pour conclure, nous avons choisi de ne pas détailler les tests expérimentaux permettant de comparer les outils ASIT et leur adaptation en outil EcoASIT. Une analyse qualitative a permis de remarquer l'intérêt de l'outil EcoASIT qui focalise la réflexion sur les principes d'éco-innovation. Néanmoins, ces tests présentent trop de limites, notamment dans le fait qu'ils n'ont pas permis d'obtenir des processus alignés et ainsi font entrer trop de variables en jeu.

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

VERS UNE SYNTHÈSE DE NOS RECHERCHES

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans une approche de réduction de l'impact des activités anthropiques sur l'écosystème, et au regard de cet enjeu, nous avons cherché à fournir aux concepteurs les moyens et instruments pour envisager de nouvelles alternatives et s'orienter vers cet impératif. Plus particulièrement, les travaux présentés dans ce manuscrit ont eu pour objectif d'hybrider l'éco-conception et l'innovation afin de favoriser une démarche d'éco-innovation.

Nous avons dans un premier temps caractérisé l'intégration du critère environnemental dans la conception de produits et services. Nous avons ainsi mis en évidence la vision techno-centrée de la pratique actuelle de l'éco-conception, ou d'éco-conception « routinière » de même que l'intégration tardive du critère environnemental dans le processus de conception de produit. A travers ce constat, nous avons montré l'une des raisons pour lesquelles la majorité des outils actuels ne permettent d'envisager que des modifications superficielles des produits-services, et ne peuvent par conséquent répondre à l'urgence environnementale et sociale qui pèse aujourd'hui sur l'ensemble des acteurs impliqués.

Il nous est donc apparu nécessaire de permettre l'émergence de nouveaux concepts et d'explorer de nouvelles alternatives. Pour y parvenir, nous avons cherché à soutenir dans ce manuscrit la thèse suivante : **l'apport des phases de créativité et des mécanismes de stimulation permet de rendre plus performants les phases d'idéation lors des processus d'éco-innovation.**

Nous avons montré que ces phases, d'« éco-idéation », ne doivent pas être considérées comme des étapes en aval d'un processus d'éco-conception mais, bien, comme des étapes essentielles à étudier et à instrumenter avec de nouvelles approches. Elles proposent, ainsi, d'ouvrir les champs d'exploration proposés aux concepteurs, tout en canalisant la réflexion sur le principe de durabilité.

Nous avons cherché à souligner l'intérêt d'explorer les différents niveaux systémiques ainsi que les différents axes du développement durable, en passant de l'aspect environnemental à l'aspect social ; ou encore, ses conséquences dans le développement de l'économie locale.

Notre approche a dès lors consisté à développer un outil d'éco-innovation focalisé sur la phase de génération d'idées, et permettant, ainsi, de stimuler les utilisateurs sur l'ensemble des axes du développement durable.

Dans un premier temps, nous avons exploré la notion-même d'éco-innovation, en essayant d'en dégager une vision commune. Et, pour ce faire, à l'instar de l'innovation, nous avons choisi de montrer la polysémie du terme « éco-innovation », qui peut être vue en tant que « résultat » ou en tant que « processus ».

Nous avons ainsi pu constater, la diversité inhérente à ce concept, mais également, le manque d'étude sur l'éco-innovation et sa difficulté d'appréhension. Si l'innovation se caractérise, aujourd'hui, par un succès commercial, ou une rupture d'usage, l'éco-innovation se définit, quant à elle, par ses externalités positives sur l'environnement et sur les aspects sociétaux.

Ainsi, si la finalité environnementale reste au cœur du concept d'éco-innovation, le processus engagé pour l'obtenir, que ce soit la motivation des acteurs, l'implication des diverses parties prenantes ou encore les nombreuses externalités positives engagées, reste essentiel.

De même, la diversité de concept souligne l'importance de la prise en compte du contexte social et culturel de l'éco-innovation. L'approche purement environnementale de l'éco-innovation serait donc trop limitée. Nous avons ainsi pu rappeler la nécessité, dans toute réflexion sur le sujet, d'élargir le champ d'action en y intégrant les dimensions comportementales et sociales.

Pour conclure cette partie, il s'avère essentiel de considérer le flux continu existant entre éco-conception et éco-innovation, lesquelles doivent rester des démarches complémentaires.

Dans un deuxième temps, à l'aide de cette étude du concept d'éco-innovation, nous nous sommes attachés à caractériser les outils et méthodes qui l'instrumentent. Cet état de l'art des approches existantes nous a alors permis de réaliser une taxonomie relativement complète.

L'analyse croisée de ces différents outils nous a conduit à faire un certain nombre de constats quant à l'application de l'éco-innovation et a montré que, si les principes de stimulation de la créativité

sont considérés comme essentiels lors des processus d'innovation, ils restent finalement très peu utilisés et présents dans les outils d'éco-innovation.

La majorité des outils d'éco-innovation sont plus focalisés sur l'évaluation préliminaire du problème. Cette caractéristique peut s'expliquer par le fait que très peu d'outils de créativité ont été, jusqu'alors, utilisés et adaptés à l'éco-innovation.

Seule la méthode TRIZ, qui propose des mécanismes forts de stimulation, a été particulièrement étudiée quant à son potentiel réel dans l'éco-innovation. Les outils d'éco-innovation résultant de son adaptation ne correspondent pourtant pas à une vision de l'éco-innovation qui demande une approche systémique du produit/service.

Ces outils d'éco-innovation, après analyse, nous permettent d'identifier une lacune importante: il n'existe pas d'outils d'éco-innovation offrant des mécanismes forts de stimulation et adaptés à des niveaux systémiques de problème élevé et intégrant pleinement la dimension sociétale.

Si nous considérons que les mécanismes de stimulation restent des facteurs essentiels permettant de se prononcer sur l'efficacité d'un outil, il semble donc essentiel de proposer des mécanismes adaptés à l'éco-innovation.

Suite à cette analyse, nous avons élaboré une approche méthodologique conduisant à deux contributions importantes :

- Le développement d'un outil d'éco-innovation EcoASIT focalisé sur les phases de génération d'idées ;
- Le développement d'un protocole expérimental permettant de mesurer les performances des phases d'éco-idéation.

Ces travaux résultent d'une nécessaire hybridation des méthodes d'éco-conception et de créativité, ainsi que sur la constatation de se baser sur un outil existant afin de capitaliser sur l'ensemble des connaissances de cet outil.

En conséquence, plutôt que de créer un nouvel outil, nous avons cherché à adapter un outil déjà existant, issu d'une précédente thèse : l'outil ASIT. Ce choix peut s'expliquer pour 3 raisons.

- (1) Cet outil est issu d'une simplification de TRIZ qui a été largement étudié dans la littérature, et notamment dans sa pertinence pour l'éco-innovation.
- (2) ASIT semblait pertinent, car proposant une phase d'idéation extrêmement forte, ainsi que des mécanismes de stimulation, tel que « Suppression » extrêmement pertinent *a priori* pour l'éco-innovation.
- (3) Enfin, par cette simplification et sa facilité de mise en œuvre, le processus de l'outil ne se substitue pas à la réflexion qu'il engendre.

A partir de l'existant, nous avons pu revisiter ASIT et ainsi élaborer une stratégie d'adaptation, cette stratégie s'articulant autour d'une question primordiale :

Comment stimuler efficacement un groupe lors de la phase d'idéation, et accompagner celui-ci vers la génération de concepts éco-innovants ?

Cette question nous a amenés à proposer l'outil EcoASIT dont le développement permet de dégager deux types de résultats:

Un premier résultat concerne les différentes versions qui ont été développées durant la thèse, dans une logique de recherche itérative s'articulant avec un ensemble d'expérimentations et de tests réalisés à partir de cas industriels et fictifs. Ces différentes versions ont permis de développer un ensemble « d'outils périphériques » accompagnant le processus EcoASIT, mais qui ne sont restés qu'à l'état conceptuel. A travers ces différentes versions, nous avons incorporé dans l'outil initial ASIT les principales stratégies d'éco-innovation : le cycle de vie, l'approche multicritère, les dimensions sociales et comportementales.

Un deuxième résultat se rapporte au résultat de la version « aboutie » et validée industriellement. Elle est issue du travail de simplification des versions antérieures ainsi que d'une re-focalisation de l'effort cognitif sur la phase de génération d'idées. Cette version « aboutie » est un outil « câblé » constitué

d'objets génériques qui permet d'engendrer une première réflexion simple et efficace lors d'un processus d'éco-innovation.

L'outil EcoASIT a pour objectif d'aider les groupes à prendre conscience des différentes voies envisageables pour la mise en place d'éco-innovation pertinentes, en ne s'orientant pas exclusivement sur des approches techniques, il répond ainsi à 3 approches privilégiées dans nos travaux :

- Une concentration de l'effort cognitif sur la mise en place d'un objectif à travers la notion de « système idéal, durable », lequel permet de se projeter de façon simple et efficace vers des objectifs généraux d'éco-innovation.
- Une adaptation de la phase de génération d'idées en intégrant les dimensions de développement durable, tant sur les informations à manipuler, les « objets », que dans la mise en place de mécanismes adaptés répondant aux principes de l'éco-innovation.

Nos travaux sont également orientés sur la recherche d'une double validation expérimentale de notre démarche. Cette validation expérimentale se base sur le postulat qu'un outil de créativité se juge avant tout sur sa capacité à permettre au groupe d'explorer le champ des possibles (variété des idées), ainsi que sa capacité à permettre au groupe de générer de façon continue des idées (fréquence des idées). Ainsi, en plus de notre contribution concernant EcoASIT, nous avons proposé un protocole expérimental basé sur un questionnaire adéquat remis aux utilisateurs ainsi qu'un ensemble de critères orientés « processus » permettant d'évaluer quantitativement l'utilisation d'un outil dans une logique d'éco-innovation.

A partir de ce protocole, nous avons proposé une trame de tests expérimentaux faisant intervenir différents profils d'utilisateur (expert et novice en éco-conception et en innovation), et différents contextes d'utilisation (animation du test par les chercheurs, animation du test en autonomie...).

Notre approche s'est ainsi articulée autour de trois tests expérimentaux principaux :

- (1) Un premier test expérimental, effectué en début de thèse en présence d'experts académiques et industriels en éco-conception, qui a permis de comparer les performances de l'outil de créativité ASIT avec des outils d'éco-conception et d'éco-innovation sur une problématique environnementale. Ce premier test a eu pour objectif de justifier notre hypothèse de l'intérêt des outils de créativité en éco-innovation.
- (2) Un deuxième test, consistant à proposer à 4 groupes d'étudiants d'utiliser l'outil EcoASIT, et ce, en totale autonomie, avec l'aide de deux enseignants formés préalablement.
- (3) Un troisième test expérimental, effectué en présence d'utilisateurs novices sur les thématiques d'éco-conception, et que nous avons animé dans le cadre d'un workshop d'un projet européen.

Les deux derniers tests ont permis de valider expérimentalement EcoASIT, en montrant que l'outil conserve toutes ses performances en termes de créativité (vis-à-vis de l'outil ASIT), tout en permettant d'orienter la réflexion vers des principes d'éco-innovation.

Nos expérimentations ont souligné notamment que malgré un outil câblé et un processus systématique, c'est-à-dire un outil où sont manipulées des données « génériques », les groupes arrivent sans difficulté à se focaliser sur sa problématique et à proposer des solutions pertinentes et variées.

Ces tests démontrent que l'outil que nous proposons répond donc à un triple objectif : il aide la génération d'idée, il permet aux concepteurs d'élargir leur champ de vision et il oriente la réflexion sur les différents axes du développement durable

Ainsi, durant cette thèse, nous avons cherché une double validation scientifique de l'outil EcoASIT. La première validation obtenue est une validation théorique, en étudiant de manière comparative, les héritages conceptuels et les fondements de l'outil EcoASIT ainsi que ses limites avec l'outil ASIT.

Le deuxième angle est celui de la validation expérimentale qui a permis de démontrer l'intérêt de l'outil de créativité ASIT sur des problématiques environnementales, et de confirmer que l'outil EcoASIT conserve les caractéristiques bénéfiques de l'outil ASIT tout en focalisant la réflexion sur les thématiques d'éco-innovation.

LIMITES DE NOS RECHERCHES

Ces travaux doivent permettre de mieux comprendre comment accompagner un groupe dans la génération de concepts éco-innovants. Nous nous sommes donc concentrés sur l'étude des phases d'idéation dans le processus d'éco-innovation, excluant ainsi l'étude et le suivi des concepts générés.

Ainsi, nous avons mis en place un ensemble de critères orientés sur l'étude du processus, et non sur l'étude des résultats obtenus en sortie de « séances éco-crétatives ».

L'évaluation des idées reste cependant une étape critique dont dépend la suite du processus d'éco-innovation. Elle a pour objectif d'évaluer la pertinence des idées générées et de sélectionner celles qui méritent de passer dans l'étape suivante du processus de conception.

Il s'agit donc d'une étape sensible qui détermine le bon déroulement du processus de conception, caractérisée par des connaissances limitées dans les concepts à évaluer (Ullman, 2003) et donc toujours effectuée dans un contexte de grande incertitude face aux choix du « bon concept ».

Feroli remarque, à ce sujet, que les analyses menées par les évaluateurs sont irrégulières et manquent souvent de rigueur. (Feroli, 2010), tandis que dans (Amabile, 1983), il est noté que peu de méthodes évaluent la créativité des produits, la plupart d'entre elles s'appuyant sur des notions subjectives.

Si nous ajoutons à ces remarques sur l'« innovation classique » l'approche du développement durable, cette évaluation devient d'autant plus critique, car joignant subjectivité et incertitude. Comme nous l'avons dit, les dimensions environnementale et sociale qui sont intimement liées au contexte spécifique de chaque éco-innovation sont autant de dimensions complexes qui viennent mettre en tension les dispositifs existant d'évaluation et de qualification des idées et concepts générés.

Durant nos travaux de recherche, nous avons malgré tout cherché à mettre en place des critères « orientés résultats » permettant d'évaluer les idées générées. Néanmoins, ces critères n'ont pas été considérés comme suffisamment robustes pour pouvoir être considérés comme fiables, reproductibles et indicateurs de succès.

En effet, la forte dispersion des résultats des évaluations environnementales visibles dans l'un des tests ainsi que dans les travaux conjoints de (Vallet et al., 2010), nous amène à nous poser une question centrale qui peut ouvrir un axe de recherche en tant que tel :

« Comment définir des critères d'évaluation environnementale représentatifs et fiables pour sélectionner les concepts les plus pertinents en phase amont du processus de conception de produit? ».

Pour y répondre partiellement, nous avons mis en place un premier test visant à travailler sur des critères permettant d'uniformiser les évaluations.

Nous avons ainsi pris comme première hypothèse que les concepteurs interprètent différemment les concepts concernant :

- L'identification de la phase où apparaît la réduction d'impact;
- L'identification de la catégorie d'impact environnemental;
- Le risque de transfert d'impact;
- Le comportement de l'utilisateur;
- L'importance de la réduction d'impact (relativement à un cas de référence).

En attendant la poursuite de cette question de recherche, nous avons malgré tout construit un jeu de 4 indicateurs. Les deux premiers critères « classiques » se rapportaient à l'originalité et la faisabilité du concept. Les deux autres critères, plus « spécifiques » aux thématiques de l'éco-innovation, concernaient la pertinence environnementale et la pertinence sociale du concept.

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

Le tableau 51 reprend le système de cotation que nous avons proposé.

Pertinence environnementale
Notation
0: Pas du tout pertinent et nuisible
1: N'apporte pas de réduction d'impact environnemental
2: Possible réduction d'impact environnemental. Risque de transfert d'impact.
3: Montre un grand potentiel de réduction d'impact environnemental et faible risque de transfert d'impact.

Pertinence sociale
Notation
0: Restreint l'usage du système, Influence négative sur le comportement; Ne participe pas au dynamisme social (cohésion, accessibilité, développement local).
1: Aucune influence sur l'usage, le comportement; Aucune influence sur le dynamisme social (cohésion, accessibilité, développement local).
2: Perspective d'extension d'usage et d'influence positive sur le comportement; Possible participation au dynamisme social (cohésion, accessibilité, développement local).
3 : Permet un usage étendu, influence fortement positive sur l'usage et le comportement ; Forte participation au dynamisme social (cohésion, accessibilité, développement local).

Tableau 51 Critère de pertinence environnementale et pertinence sociale

Au-delà du travail nécessaire à l'évaluation des concepts en phase amont, une deuxième limite de notre étude concerne le manque de visibilité sur les retours à moyen et long terme de l'outil et, notamment, sur son appropriation par les entreprises.

Il est donc désormais indispensable de mettre en œuvre un ensemble de critères permettant de juger du succès de l'utilisation de cet outil, ainsi que de son appropriation et de ses possibilités d'adaptation dans l'entreprise.

Cette étude pourrait s'articuler autour de deux étapes successives :

- Une première étape, consistant en une capitalisation des pratiques et des résultats obtenus par les entreprises, à l'aide de l'outil ;
- Une seconde étape, impliquant un développement d'une stratégie d'adaptation de l'outil aux besoins de chaque entreprise en vue de son adaptation et de son optimisation.

Enfin, comme nous avons pu le constater, l'efficacité d'un outil ne se mesure par uniquement à l'efficacité des solutions engendrées, mais également par l'apport de cet outil sur le processus de conception.

A travers le développement de l'outil EcoASIT, et dans une logique d'« apprentissage », nous avons en effet cherché à orienter la réflexion des utilisateurs, sur une vision plus globale de l'éco-innovation ; et ainsi à placer ces « principes » de façon durable dans le processus de conception. Il serait alors intéressant de travailler sur l'évolution de la prise en compte à long terme des critères de développement durable au sein des entreprises à la suite de la mise en place d'une démarche d'éco-innovation.

Pour finir, si nous avons eu la volonté de mettre en place un outil permettant d'éco-innover tant sur un produit qu'un service, notre approche s'est avant tout orientée sur l'étude des produits et ne peut donc trouver application sur un service qu'après un effort d'interprétation des différents « objets » d'EcoASIT. Pour faire face à cette dernière limite, il paraît donc essentiel de favoriser cette « interprétation » des objets.

PERSPECTIVES

L'hybridation des outils proposés

Les travaux menés durant cette thèse ouvrent de nouvelles perspectives. Nos contributions se rapprochent des travaux initiés par (Legardeur, 2009) qui visent à favoriser l'hybridation entre outils et méthodes, dans le but de favoriser une meilleure flexibilité et une meilleure intégration dans les

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

processus de conception innovante. En cela, nous considérons l'outil d'éco-innovation EcoASIT comme une première approche de l'éco-innovation et de l'éco-créativité.

Nous avons en effet cherché à adapter un outil de créativité en un outil d'éco-innovation. Cette stratégie a nécessité de travailler tant sur les mécanismes de stimulation proposés par l'outil que sur les informations, les « objets », qui seront manipulés durant la session.

Les différents tests que nous avons pu effectuer sur l'outil final EcoASIT nous montrent que si nous proposons une première approche du développement durable et de la créativité, certains groupes pourraient se sentir limités par cette première approche très câblée.

En effet, si les résultats nous paraissent extrêmement pertinents, notamment en mettant en évidence que la manipulation d'« objets génériques » permet malgré tout à l'utilisateur de le ramener sur le produit lui-même, il paraît désormais opportun de proposer une démarche supportant l'hybridation avec un ensemble de micro-outils, à même de rendre plus flexible, et plus adaptable, le processus d'éco-innovation.

Nous avons pour cela, effectué des premiers essais à travers, notamment, l'introduction de l'outil « 9 écrans » dans EcoASIT. Le chapitre 4 de la présente thèse, détaille par ailleurs les tentatives pour hybrider les 9 écrans avec l'outil ASIT et avec la notion de cycle de vie. De même, nous avons proposé de relier l'outil au potentiel permis par une ACV simplifiée, en amont ou en aval de processus³³.

Plus généralement, un ensemble d'outils « périphériques » ont été développés dans la thèse, qui n'ont que partiellement été exploités. Ces outils sont le reflet d'une volonté de chercher à profiter des atouts des différents outils issus de la littérature, afin de favoriser l'émergence de nouveaux concepts.

Chacun de ces outils a répondu à des besoins identifiés aux cours des différents tests que nous avons pu effectuer. Et si ces outils n'apparaissent pas dans une version « validée », ils constituent des points de départ et des pistes à travailler et à approfondir afin de mieux les connecter avec une démarche globale d'éco-innovation.

Ainsi, en lieu et place d'un outil EcoASIT statique, des futurs travaux pourraient répondre à la mise en place d'un processus plus général, ASIT Innovation responsable, qui chercherait à accompagner les entreprises tout au long de leur processus d'éco-innovation (depuis l'expression et la mise en place du problème jusqu'à l'évaluation des idées).

On obtiendrait ainsi une bibliothèque d'outils, sur le fondement d'une méthodologie telle que celle proposée dans la figure 105, reprenant quelques outils issus des différentes versions d'EcoASIT.

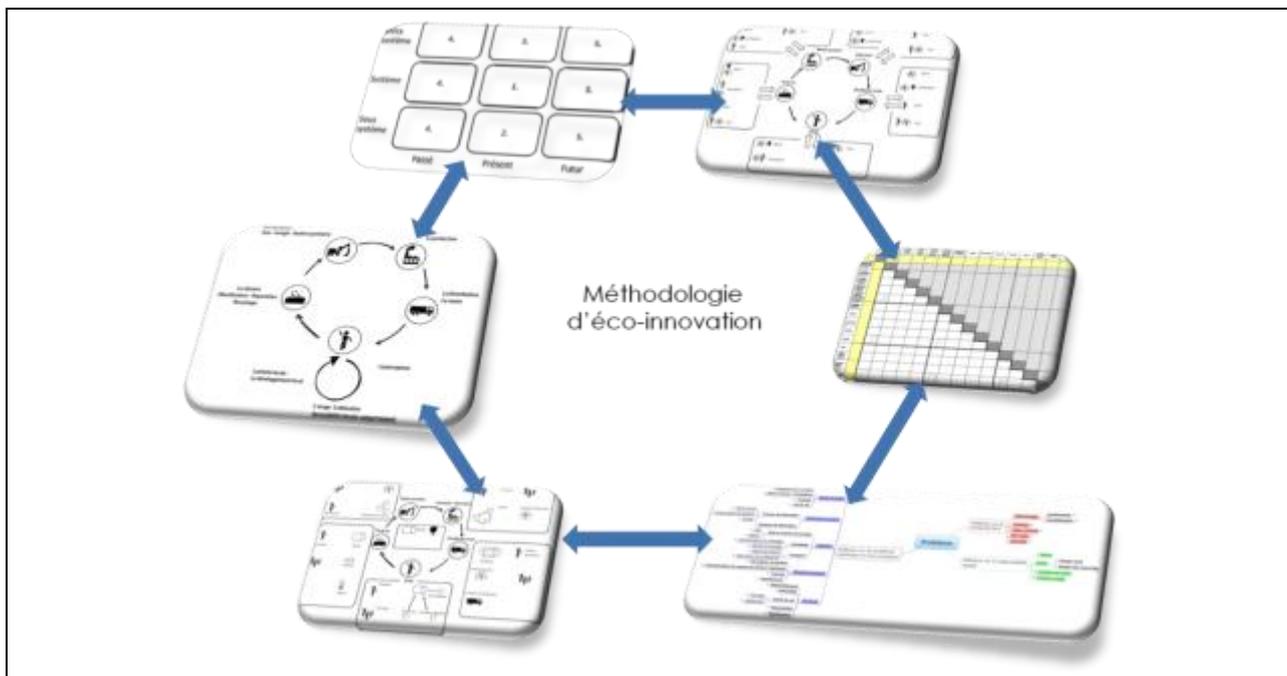


Figure 105 Vers la mise en place d'une bibliothèque d'outils

³³ Nous avons présenté cette approche dans le cadre d'un congrès ACV, (Tyl et al., 2011c)

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

L'objectif serait donc de mettre en place différents processus possibles en fonction des informations initiales du problème posé, mais également, des données nécessaires pour l'utilisation de chaque outil.

Une première réflexion, émise durant la thèse, avait conduit à définir 3 points de départ répondant à classer les différents micro-outils développés dans cette même thèse (figure 106) :

- L'aspect fonctionnel, en débutant la session par les outils permettant de définir les actions du système en question ;
- L'aspect historique, en débutant la session par les outils permettant d'étudier les impacts liés au système ;
- L'aspect structurel, en débutant la session par les outils permettant une description avancée du système.

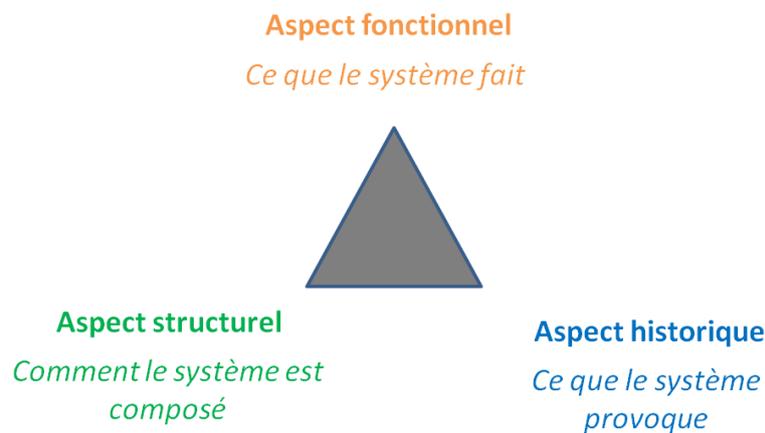


Figure 106 Vers un accompagnement des innovations

Dans une vision plus générale, la mise en place de cette bibliothèque de micro-outils demanderait, elle-même, la mise en place d'une interface dynamique permettant de favoriser une bonne connexion entre ces outils, un bon échange des données, et, par voie de conséquence, la construction d'un processus efficace.

Ces perspectives permettraient d'envisager des connexions avec les travaux entrepris notamment par (Rio et al, 2011), l'objectif étant, dès lors, de mettre en place une démarche proactive d'éco-conception / éco-innovation pour faire face à la multitude et à la complexité grandissante des outils d'aide à l'éco-conception.

Ces travaux devraient aboutir concrètement à la mise en place d'une interface dynamique favorisant, notamment, le partage de connaissances et l'interaction entre les métiers et les outils appropriés.

L'accompagnement des éco-innovations

En deuxième perspective, il paraît également pertinent de chercher à accompagner durablement l'entreprise dans son processus d'éco-innovation et, en particulier, à accompagner le processus de maturation des idées générées à la suite des premières séances d'éco idéation.

Nous avons pu voir qu'EcoASIT permet de générer des concepts qui couvrent l'ensemble du champ des possibles, depuis la mise en place d'un système Produit-Service, ou encore une remise en cause du modèle économique actuel de l'entreprise.

Alors que certaines des idées émises paraissaient particulièrement séduisantes, nos travaux n'ont pas porté sur l'accompagnement des entreprises pour la maturation et l'accompagnement de ces concepts éco-innovants.

Or, cet accompagnement est nécessaire sur 2 points particuliers :

- Si les concepts générés sont issus d'une démarche d'éco-innovation, les études montrent que les critères de développement durable, s'ils ne sont pas mis en valeur tout au long du processus, tendent à être largement oubliés au fur et à mesure de l'avancée du projet.
- De plus, transformer l'activité d'une entreprise, et l'orienter vers une activité durable demande une remise en cause profonde du modèle économique, ainsi que du fonctionnement interne de l'entreprise. Des concepts radicaux sont, en effet, « destructeurs de compétences » (Carillo-Hermillosa et al., 2010).

Il paraît donc nécessaire de proposer aux entreprises une méthodologie favorisant une mutation de ce qui fait son « cœur de métier », en permettant l'identification de partenaires adéquats favorisant la mise sur le marché de ces éco-innovations.

Cet accompagnement peut passer, à partir des concepts générés, par une réflexion conjointe sur la stratégie de l'entreprise, à court, moyen, ou long-terme. Il doit donc être supporté par des approches permettant de « naviguer » entre une vision « macro » de l'activité de l'entreprise, fondée sur une approche globale et systémique, et une vision « micro » de l'activité, reposant, par exemple, sur le niveau du produit, ou encore entre la vision matérielle et non matérielle de son activité.

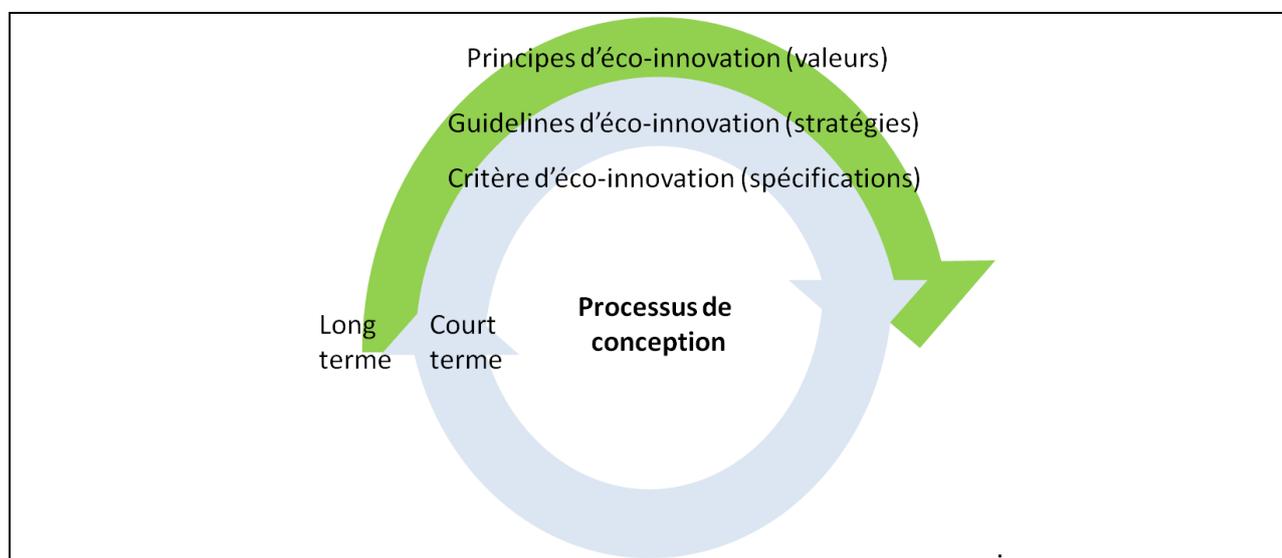


Figure 107 Processus global de conception

La figure 105 reprend un modèle proposé par (Wiggum, 2004) et adapté à une logique d'éco-innovation.

Une perspective de travaux pourrait s'appuyer sur ce modèle dans un but d'accompagnement de l'entreprise dans le processus de développement des éco-innovations générées. Cette démarche d'accompagnement pourrait s'appuyer sur trois étapes itératives :

1. Une définition des principes d'éco-innovation

Cette première étape consisterait à redéfinir un cadre général à même d'accompagner l'évolution du concept éco-innovant généré durant la séance de créativité. Elle reprendrait et affinerait notamment les 5 axes du diagramme d'évaluation d'EcoASIT. Elle pourrait consister par exemple à travailler sur un cadre expérimental visant à définir et à accompagner la mise en place de nouvelles parties prenantes.

2. Une définition des lignes directrices de développement

Cette deuxième étape interviendrait à partir des principes définis précédemment et conduirait à définir les stratégies adéquates, en couplant la vision à long-terme, correspondant au cadre général de la première étape, avec une vision réalisable à court et moyen terme.

L'une de nos propositions initiales était de travailler sur la nature du système étudié. Nous proposons alors de mettre en place le contexte futur dans lequel le produit pourrait évoluer, et ainsi établir un « monde clos » virtuel, en adéquation avec l'évolution du contexte.

Dans une logique d'hybridation, cette perspective peut nous amener à réfléchir sur des hybridations entre des outils d'éco-innovation et des outils tels que la méthode synectique qui offre la possibilité de mettre en place de nouveaux scénarios.

3. Une définition des critères d'éco-innovation pour évaluer l'éco-innovation durant le développement

L'accompagnement de l'éco-innovation passerait par la définition de critères spécifiques au concept éco-innovant à injecter tout au long du processus, pour guider l'entreprise dans le développement du concept éco-innovant.

En conclusion

Nos travaux ont permis de mettre en perspective les principes d'éco-conception, d'éco-innovation, et, plus généralement, de « sustainable design ».

Tout au long des différents chapitres de cette thèse, nous avons fondé notre analyse du concept d'éco-innovation ainsi que le développement de l'outil EcoASIT en omettant volontairement deux données d'approche relevant de la situation actuelle, à savoir la remise en cause du mode de consommation de produits et de la logique du modèle économique actuel.

En s'orientant sur une réflexion plus générale, nous avons souhaité, en priorité, démontrer que l'éco-innovation ne peut prétendre conduire à un réel changement tant qu'elle n'exprimera pas sa volonté de remise en cause du modèle actuel. En ciblant plus précisément notre réflexion sur l'outil EcoASIT, nous avons conscience que celui-ci ne peut servir que les intérêts de ceux qui le manipulent.

Ainsi, bien que nous ayons cherché à orienter la réflexion vers des aspects novateurs ou de questionnements « partiels » des faits sociaux, cet outil n'a pas vocation à quelque bouleversement que ce soit. L'outil est neutre et doit être analysé dans un contexte plus global de conception.

L'approche d'éco-innovation pourrait être détournée voire être considérée comme paradoxale si certaines hypothèses n'étaient pas posées dès le départ :

- Sur quel système de production et de consommation voulons-nous asseoir notre développement ?
- Quel est notre système de valeurs pour justifier nos choix, en particulier en termes de bon usage, ou de « mésusage »³⁴ des ressources naturelles ?
- Quel type de politique d'innovation désirons-nous promouvoir ?

Les résultats de l'outil sont donc **tributaires de notre remise en cause du mode de consommation de produits manufacturés, ainsi que de notre système de valeurs dans l'usage des ressources**. Cela demande une mise en place, dans notre conception, de nouvelles alternatives liées étroitement à la culture et l'activité économique locale.

En effet, comme l'explique (Cucuzella et Parent, 2008), qu'il soit légitime ou non, le caractère consumériste de l'homme semble insoutenable à l'échelle planétaire. Nous sommes, reprenant l'expression de Bauman, dans un « état d'urgence » de la consommation, résultant (Bauman, 2008) :

- d'une volonté d'être dans le peloton de tête, c'est-à-dire le premier à acquérir le produit ;
- de l'existence d'une limite d'utilisation du produit, afin de favoriser l'immédiateté de son acquisition ;
- de la pseudo-réalité d'une liberté du consommateur. Une liberté qui semble résulter du fait-même de proposer un choix, lequel résulte dans la proposition au consommateur d'une certaine latitude dans ce même choix : « le choix vous appartient, mais vous êtes obligés de choisir ».

Ainsi, le cycle économique se résumerait à un « *J'achète, J'utilise, Je dégage* » (Bauman, 2008).

³⁴ Voir Paul Aries (Aries, 2007)



Figure 108 Œuvre de Barbara Kruger

Maintenir l'utilisateur « en mouvement », et donc insatisfait, nécessite, par le fait même, un marché de l'innovation lui-même en constant mouvement. Gaudin parle de « rituel innovateur » telles des innovations attendues, ou encore, une certaine forme de programmation de l'innovation (dictée par exemple par l'obsolescence programmée, et dénuant de sens le principe même d'innovation (Gaudin, 2008).

Dans (Aries, 2007), il est fait allusion à la « *junkproduction* », qui favorise la valeur marchande par rapport à la valeur d'usage.

Celle-ci passe, notamment, par certains mécanismes dont la banalisation et la multitude des objets, la production en série, la dégradation de la qualité, la généralisation de l'artifice, l'effet de mode ou encore le déni des besoins.

Plus spécifiquement, Aries dénonce les fausses innovations, phénomène qui résulte de ce que les utilisateurs ont peu de maîtrise sur l'usage du produit précédent, et n'arrivent donc pas faire la comparaison entre l'ancien et le nouveau, empêchant ainsi de prendre en compte la « nouveauté » alléguée.

Il nous faut donc **repenser nos systèmes de valeurs**, et notamment retrouver une harmonie avec la consommation des ressources, tout en reconsidérant l'usage même que l'on doit faire de ces ressources. Aries parle ainsi de mésusage³⁵ de certaines ressources (Aries, 2007). Outre une réflexion sur l'usage, il nous revient de reconsidérer une meilleure gestion du temps. Thackara considère en effet que nos vies sont réglées sur une accélération perpétuelle, qui façonne nos manières de manger, voyager, d'innover (Thackara, 2008).

Ainsi, à travers le développement d'une innovation plus responsable, une nouvelle approche du temps s'avère nécessaire. Le cycle de vie de l'innovation doit pouvoir s'accorder à nos modes de vie et au cycle de vie de l'apprentissage et de l'appropriation de ces innovations.

En cela, l'innovation peut être porteuse d'alternatives, en favorisant un meilleur rapport entre le producteur/consommateur.

Cette réappropriation fait écho à la théorie du Slow design, lequel encourage une réduction des métabolismes économique, industriel et urbain (Fuad-Luke, 2004). S'adapter au temps, sans forcément « ralentir » permettrait de « favoriser l'émergence de situation » (Thackara, 2008).

Ainsi, le slow design propose-t-il de repositionner la conception dans un triptyque bien-être individuel, bien-être socio-culturel, et bien-être environnemental, et de se refocaliser sur le présent plutôt que sur le futur.

Cette nouvelle approche a pour objectif de chercher à se réapproprier nos modes de vies et à sortir de cette léthargie des innovations actuelles pour réexaminer véritablement ce que l'on souhaite promouvoir derrière les objets. L'innovation doit donc être au service des utilisateurs, et s'adapter à des besoins concrets. En cela, elle ne pourra qu'être mieux acceptée par les utilisateurs, en leur offrant des avantages, d'abord individuels, tout en sortant du cadre restrictif habituel.

Les résultats de nos recherches sont enfin **tributaires de changements globaux qui prennent leur source dans le domaine politique ou culturel.**

³⁵ Pourquoi doit-on payer autant pour de l'eau pour boire que pour de l'eau destinée à remplir sa piscine ?

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

Seuls ces domaines, qui ne dépendent plus d'une logique marchande, peuvent permettre d'orienter efficacement l'innovation, de sortir du domaine industriel et technique, et de concerner, plus largement les champs sociétaux.

Si l'innovation doit être sanctionnée positivement par le marché, l'éco-innovation doit, quant à elle, l'être par ses externalités positives sur l'environnement et la société. Elle doit donc être impulsée par de nouveaux modèles.

Il est nécessaire, selon (Gaudin, 1998) d'orienter et de canaliser la politique d'innovation sur des objectifs socialement et environnementalement utiles et désirables, qui prennent en compte les finalités d'intérêt général. A titre d'exemple, relevons que, dans le rapport sur la consommation durable, il est recommandé de s'appuyer sur des initiatives locales identifiant, et « testant » les solutions viables à déployer nationalement (Centre d'Analyse Stratégique, 2011).

Ces alternatives passent par de nouvelles formes d'accès aux biens, l'accès à la santé publique, l'échange des informations, ou encore, dans une nouvelle approche monétaire innovante...l'ensemble dépassant le strict cadre de « logique marchande », et favorisant un bien être individuel et collectif. Dayan en vient à parler de « réappropriation, citoyenne et culturelle locale, d'une mondialisation économique plus sûre et féconde pour tous et de développement de la durabilité globale » (Dayan, 2005). Ainsi, la création d'alternative sociale doit être aussi enrichissante que le furent, en leur temps, les nouvelles technologies (Thackara, 2008).

Une dernière réflexion pour conclure : Il y a, certes, nécessité de remettre en cause notre consommation, notre approche, qui nous l'avons dit, doit conduire à aider les entreprises dans leur démarche éco-innovante. Nous pouvons néanmoins nous poser la question suivante : « L'entreprise est-elle, en fin de compte, le lieu à considérer en premier pour favoriser l'émergence d'innovations à dimensions environnementale et sociale ? ».

La réponse reste ouverte, car si dans ce domaine, une collaboration étroite et constructive doit exister avec les entreprises, d'autres types de collaborations doivent apparaître. Celles-ci devraient impliquer et intégrer plus largement de nouvelles parties prenantes à commencer par les individus eux-mêmes, ou encore, les structures plus collectives, tels que les associations et autres groupements incontournables de la vie sociale.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- (Aloui, 2007) Aloui, A. (2007) L'analyse morphologique: une méthode créative de conception architecturale, 5ème Édition de la Conférence Internationale Conception et Production Intégrées CPI'2007, Rabat.
- (Altshuller, 1999) Altshuller, G. (1999) The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity. Worcester, Massachusetts: Technical Innovation Center.
- (Amabile, 1983) Amabile, T. M. (1983), Brilliant but Cruel: Perceptions of Negative Evaluators, *Journal of Experimental Social Psychology* 19, pp. 146-156.
- (Aoussat, 1990) Aoussat A. (1990) La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle, Thèse de Doctorat, ENSAM Paris.
- (Andersen, 2008) Andersen, M.M. (2008) Eco-innovation – toward a taxonomy and a theory, DRUID Conference entrepreneurship and innovation Juin 17-20
- (Arana-Landin et Heras-Saizarbitoria, 2011) Arana-Landin, G., Heras-Saizarbitoria, I. (2011) Paving the way for the ISO 14006 ecodesign standard: an exploratory study in Spanish companies, *Journal of Cleaner Production* 19, pp.1007-1015.
- (Ariès, 2007) Ariès, P. (2007) Le Mésusage - Essai sur l'hypercapitalisme. Edition Parangon/Vs
- (Associated Press, 2007) Destination of Recycled Electronics May Surprise You' http://www.computertakeback.com/news_and_resources/destination.com.
- (Baumann, 2002) Baumann, H, Boons, F, Bragd, A. (2002) Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production* 10(5), pp. 409-425.
- (Bauman, 2008) Bauman, Z. (2008) L'éthique a-t-elle une chance dans un monde de consommateurs?. Edition Climat, Paris.
- (Baroulaki et Veslaghi, 2007) Baroulaki, E., Veshagh, A. (2007) Eco-Innovation: Product Design and Innovation for the Environment, Proceedings of the 14th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Waseda University, Tokyo, Japan, June 11-13.
- (Beckhaus, 2006) Beckhaus, S. (2006) Seven Factors to Foster Creativity, University HCI Projects.
- (Beard et Hartmann, 1999) Beard, C., Hartmann, R. (1999) Eco-Innovation: Rethinking Future Business Products and Services, Greener Marketing: A global perspective in greening marketing practice, Charter, M. and Polonsky, M. J. (eds), Greenleaf Publishing, Sheffield.
- (Bertoluci, 2006) Bertoluci, G. (2006) Proposition d'une méthode d'amélioration de la cohérence des processus industriels, Thèse de Doctorat, Arts et métier.
- (Blanc et Fare, 2010a) Blanc, J., Fare, M. (2010) Les monnaies sociales en tant que dispositifs innovants: une évaluation, Xe Rencontres du réseau inter-universitaire de l'économie sociale et solidaire (RIUESS), Luxembourg.
- (Blanc et Fare, 2010b) Blanc, J., Fare, M. (2010) Quel rôle pour les collectivités locales dans la mise en oeuvre de projets de monnaies sociales ?, XXXes Journées de l'Association d'Économie Sociale, Charleroi (Belgique), 9-10 septembre.
- (Blessing et Chakrabati, 2009) Blessing, L.T., Chakrabati, A. (2009) DRM, A Design Research Methodology, London: Springer Verlag Ltd.
- (Bocken et al., 2011) Bocken, N.M.P., Allwood, J.M, Willey, A.R., King, J.M.H (2011) Development of an eco-ideation tool to identify stepwise greenhouse gas emissions reduction options for consumer goods, *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2011.04.009.

BIBLIOGRAPHIE

- (Boiral, 2010) Boiral, O. (2010) Peut-on mesurer les performances de développement durable, Les cahiers de la série scientifique.
- (Boiral et Croteau, 2001) Boiral, O., Croteau, G. (2001) Du développement durable à l'écologie industrielle, ou les métamorphoses d'un « concept caméléon », Xième Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique 13-14-15 juin.
- (Boldorini,2005) Boldrini, J-C.(2005) L'accompagnement des projets d'innovation, Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- (Brabham, 2009) Brabham, D.C. (2009) Crowdsourcing as a model for problem solving: An introduction and cases. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies* 14(1), pp. 75–90
- (Bras, 1997) Bras, B. (1997) Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realization, *Industry and Environment, Special Issue on Product Design and the Environment, UNEP Industry and Environment*, vol. 20 (1-2) .
- (Brezet, 1997) Brezet, J.C. (1997) "Dynamics in ecodesign practice", *Industry and Environment, Special Issue on Product Design and the Environment, UNEP Industry and Environment*, vol 20 (1-2) .
- (Brezet et Van Hemel, 2007) Brezet, H, van Hemel C. (1997) Ecodesign, A promising approach to sustainable production and consumption. UNEP, France.
- (Briggs et Reinig, 2007) Briggs, R., Reinig, B. (2007) Bounded Ideation Theory: A New Model of the Relationship Between Ide quantity and Idea-quality during Ideation, *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- (Carrillo-Hermosilla et al., 2010) Carrillo-Hermosilla, J., del Río, P., Könnölä, T. (2010) Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies, *Journal of Cleaner Production* 18, pp.1073-1083.
- (Casakin et Goldschmidt, 1999) Casakin, H., Goldschmidt, G. (1999) Expertise and the use of visual analogy: implications for design education. *DesignStudies* 20(2), pp. 153-175.
- (Cavallucci, 1999) Cavallucci, D. (1999) Contribution à la conception de nouveaux systèmes mécaniques par intégration méthodologique, Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- (Centre d'analyse stratégique, 2011) Centre d'analyse stratégique, Janvier 2001, Rapport de mission, Pour une consommation durable.
- (CE, 1996) Livre vert sur l'innovation, Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes.
- (Chakrabarti, 2009) Chakrabarti , A. (2009), *Design Creativity Research*, N.R.S. Raghavan and J.A. Cafeo (eds.), *Product Research: The Art and Science Behind Successful Product Launches*.
- (Charter et Chick, 1997) Charter, M., Chick, A. (1997) Editorial, *the Journal of Sustainable Product Design* 1, pp. 5-6.
- (Charter et Tischner, 2001) Charter, M., Tischner, U. (2001) *Sustainable solution – Developing products and services for the future*, Greenleaf Publishing.
- (Charter et Clark, 2007) Charter, M., Clark, T. (2007) *Sustainable Innovation - Key conclusions from Sustainable Innovation Conferences 2003–2006 organised by The Centre for Sustainable Design*.
- (Chen, 2002) Chen, J.L. (2002) Green evolution rules and ideality laws for green innovative design of products, *Fourth International Symposium on Going Green-Care Innovation*.
- (Chen, 2003) Chen, J.L.(2003) Eco-Innovative examples for 40 TRIZ inventive principles. *The TRIZ journal*.

BIBLIOGRAPHIE

- (Chen et Liu, 2001) Chen, J.L., Liu C-C. (2001) An eco-innovative design approach incorporating the TRIZ method without contradiction analysis, *The Journal of Sustainable Product Design* 1, pp. 263– 272, 2001.
- (Choulier, 2002) Choulier, D. (2000) TRIZ, un état d'esprit, disponible sur www.trizfrance.org.
- (Choulier, 2008) Choulier D. (2008) Comprendre l'activité de conception, Edition Université de technologie de Belfort-Montbéliard.
- (Collado-Ruiz et Hesamedin, 2010) Collado-Ruiz, D., Hesamedin, O. (2010) Influence of environmental information on creativity, *Design Studies* 31, pp. 479- 498.
- (Commissariat général au développement durable, 2009) Études et documents, Matières mobilisées par l'économie française - Comptes de flux pour une gestion durable des ressources, n°6, Juin 2009.
- (Cook et al. 2005) Cook, D. J., Heather, E., Metcalf, Brian P. Bailey (2005) SCWID: A Tool for Supporting Creative Work In Design, *UIST'05*, October 23–27, Seattle, USA. .
- (Cortes Robles, 2006) Cortes Robles, G. (2006) Management de l'innovation technologique et des connaissances : synergie entre la théorie TRIZ et le Raisonnement à Partir de Cas, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- (Cros et al., 2010) Cros, C., Fourdrin, E., Réthoré, O. (2010) The French initiative on environmental information of mass market products, *International Journal of Life Cycle Assessment* 15, pp. 537–539.
- (Cucuzella, 2008) Cucuzella, C. (2008) The limits of Current evaluation methods in a context of sustainable design: Prudence as a new framework, proceedings of *IDMME – Virtual Concept 2008*, October 8-10, Beijing, China.
- (Cucuzella et de Coninck, 2008) Cucuzella, C., de Coninck, P. (2008) The Precautionary Principle as a Framework for Sustainable Design: Attempts to Counter the Rebound Effects of Production and Consumption, First international conference on Economic De-growth for Ecological Sustainability and Social Equity, April 18-19th, Paris.
- (D4S, 2009) Design for Sustainability, A step by Step Approach, disponible sur <http://www.d4s-de.org/>.
- (Dayan, 2005) Dayan, L. (2005) L'écologie industrielle, De la construction locale des liaisons éco industrielles de la durabilité à la reconceptualisation de l'économie dans la durabilité, Journées scientifiques de l' économie et de l' environnement. CREAD, Alger.
- (Dallman et al., 2005) Dallman, S., Nguyen, L., Lamp,J., Cybulski, J., Hirst, G. (2005) Australia Contextual factors which influence creativity in requirements engineering, *Proceedings of 13th European Conference on Information Systems ECIS 2005*.
- (de Brabandère 2004) de Brabandère L. (2004) Le management des idées, de la créativité à l'innovation, Edition Dunod.
- (De Coninck et Cucuzella, 2007) De Coninck, P., Cucuzella, C. (2007) A Participatory Approach Seeking Consensus in a Context of Uncertain - A Sustainable Development Perspective of Life Cycle Analysis, Governance and Life Cycle Analysis, Opportunities for going beyond ISO-LCA, Open Workshop within the EU funded project CALCAS, September 27-28, Brussels, Belgium.
- (Degrange, 2000) Degrange, M. (2000) Théorie, technique et pratique de la créativité, Editeur ENSAM, Paris.
- (De Rouvray, 2006) De Rouvray, A. (2006) Intégration des préférences émotionnelles et sensorielles dans la conception de produits d'ameublement – proposition d'une méthode d'ingénierie affective, Thèse de Doctorat Arts et Métiers.

BIBLIOGRAPHIE

- (Dewberry et de Barros Monteiro, 2009) Dewberry, E. L., de Barros Monteiro, M. (2009) Exploring the need for more radical sustainable innovation: what does it look like and why?, *International Journal of Sustainable Engineering* 2(1), pp. 28 — 39
- (Dewulf, 2003) Dewulf, W. (2003) A pro-active approach to ecodesign: framework and tools, PhD Thesis, Université catholique de Louvain.
- (Dobers et Strannegård , 2005) Dobers, P., Strannegård, L (2005) Design, lifestyles and sustainability. Aesthetic consumption in a world of abundance, *Business Strategy and the Environment* 14(5), pp. 324–336.
- (Dorta, 2008) Dorta, T. (2008) Design Flow and Ideation. *International Journal of Architectural Computing* 6(3), pp. 299-316.
- (Dylla, 1991) Dylla, N. (1991) Thinking Methods and Procedures in Mechanical Design, Dissertation, Technical University of Munich, in German.
- (Eberle, 1995) Eberle, B. (1995) Scamper. Waco, Texas: Prufrock.
- (Edward, 1986) Edward, B (1986) Vision, dessin, créativité, édition Mardaga.
- (Ehrlich et Holdren, 1972) Ehrlich, P.E., Holdren, J.P. (1972) Impact of population growth. In: Ridker RG (eds) *Population, resources and the environment*. US Government Printing Office, Washington, pp. 365–377.
- (Ehrenfeld, 2008) Ehrenfeld, J. R. (2008) *Sustainability by Design: A Subversive Strategy for Transforming Our Consumer Culture*. Yale University Press, New Haven, CT.
- (Ewing et al., 2010) Ewing, B., D. Moore, S. Goldfinger, A. Oursler, A. Reed, and M. Wackernagel. (2010) *The Ecological Footprint Atlas 2010*. Oakland: Global Footprint Network.
- (Falk et Ryan, 2007) Falk J., Ryan, C. (2007) Inventing a sustainable future: Australia and the challenge of eco-innovation, *Futures* 39, 215–229
- (Feroli 2010) Feroli, M. (2010) Phases amont du processus d'innovation : proposition d'une méthode d'aide à l'évaluation des idées, Thèse de doctorat de l'INPL.
- (Finnveden et Moberg, 2005) Finnveden, G., Moberg, A. (2005) Environmental systems analysis tools e an overview, *Journal of Cleaner Production* 13, pp. 1165-1173.
- (Fresner et al., 2010) Fresner, J., Jantschgi, J., Birkel, S., Bärnthaler, J., Krenn, C. (2010) The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects. *Journal of Cleaner Production* 18(2), pp. 128-136.
- (Fuad Luke, 2004) Fuad Luke, A. (2004) Slow theory, a paradigm for living sustainability? disponible sur www.slowdesign.org.
- (Fussler and James, 1996) Fussler C., James P. (1996) *Driving eco-innovation*, London: Pitman.
- (Gaudin, 2008) Gaudin, T. (2008) *De l'innovation*, La Tour d'Aigues, Editions de l'Aube.
- (Gero et Kannengiesser, 2008) Gero, J.S., Kannengiesser, U. (2008) An ontological account of Donald Schon's reflection in designing, *International Journal of Design Sciences and Technologies* 15(2), pp. 77-90.
- (Giget, 1994) Giget, M., (1994) *L'innovation dans l'entreprise*, Techniques de l'Ingénieur.
- (Gordon, 1961) Gordon, W. J. J. (1961). *Synectics*. New York: Harper & Row.
- (Green, 2005) Green, J. (2005) *Blending technological and social innovation*, Institute of Design Strategy Conference, May 18-19, Chicago.
- (GRI, 2002) GRI. Sustainability reporting guidelines. Global Reporting Initiative.
- (Groff, 2004) Groff, A. (2004) *Optimisation de l'innovation par l'élaboration d'un processus*

BIBLIOGRAPHIE

- de créativité industrielle : cas de l'industrie automobile, Thèse de Doctorat, ENSAM Paris.
- (Grossman et al., 1988) Grossman, S., Rodgers, B., Moore, B. (1998) *Unlocking Creativity in the Workplace*, Woodware Publishing Inc.
- (Guilford, 1959) Guilford J.P. (1959) Traits of Creativity, creativity and its Cultivation, H. H. Anderson ed., Harper.
- (Guiltinan, 2008) Guiltinan J. (2008) Creative Destruction and Destructive Creations: Environmental Ethics and Planned Obsolescence, *Journal of Business Ethics*, DOI 10.1007/s10551-008-9907-9.
- (Hatchuel et Weil, 2002) Hatchuel, A., Weil, B. (2002) La théorie C-K : Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception, Conférence Plénière Invitée, Colloque « Science de la Conception », 15-16 mars, Lyon.
- (Hatchuel et Weil, 2003) Hatchuel, A., Weil, B. (2003) A new approach of innovative design: an introduction to C-K theory, ICED'03, Stockholm, Suède,
- (Hatchuel et Weil, 2009) Hatchuel, A., Weil, B. (2009) C-K design theory: an advanced formulation, *Res Eng Design* 19, pp. 181–192.
- (Hellström, 2007) Hellström, T. (2007) Dimensions of Environmentally Sustainable Innovation the Structure of Eco-Innovation Concepts, *Sustainable Development* 15, pp. 148–159.
- (Hewett, 2005) Hewett, T. (2005) Creativity Support Tool Evaluation Methods and Metrics, Workshop on Creativity Support Tools, June 13-14, Washington, DC.
- (Hillary, 2004) Hillary, R. (2004) Environmental management systems and the smaller enterprise, *Journal of Cleaner Production* 12, pp. 561–569.
- (Horowitz, 1999) Horowitz, R. (1999) Creative problem solving in engineering design, PhD Thesis Tel-Aviv University.
- (Horowitz, 2001a) Horowitz, R. (2001) From TRIZ to ASIT in 4 Steps, *The TRIZ journal*, <http://www.triz-journal.com/archives/2001/08/c/index.htm>.
- (Horowitz, 2001b) Horowitz, R. (2001), ASIT's Five Thinking Tools with Examples, *The TRIZ journal*, <http://www.triz-journal.com/archives/2001/09/b/index.htm>.
- (Horowitz, 2004) Horowitz, R. (2004) How to Develop Winning New Product Ideas Systematically Published in April 2004, as an e-book in PDF format.
- (Howard et al., 2008) Howard, T.J., Culley, S.J., Dekoninck, E. (2008) Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature, *Design Studies* 29 ,pp. 160-180.
- (Huesemann , 2001) Huesemann, M.H (2001) Can pollution problems be effectively solved by environmental science and technology? An analysis of critical limitations, *Ecological Economics* 37, pp. 271–287.
- (ISO, 1997) Norme ISO 14040. Management environnemental. Analyse du cycle de vie – Principes et cadres. AFNOR, septembre 1997.
- (ISO, 2003) Norme XP ISO/TR 14062. Management environnemental – Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit. AFNOR, janvier 2003.
- (ISO, 2004) Norme ISO 14001. Système de management environnemental. Exigences et lignes directrices pour son utilisation. AFNOR, décembre 2004.
- (ISO, 2010) Norme en ISO 26 000, Lignes directrices relatives à la responsabilité sociétale, Octobre 2010.

BIBLIOGRAPHIE

- (Jakobiak, 2005) Jakobiak, F., De l'idée au produit, Veille, recherche et développement marché, Editions d'Organisations, 2005.
- (Jaoui, 2003) Jaoui, H. (2003), La créativité, mode d'emploi, Editions Eyrolles.
- (Jeslma, 2006) Jeslma, J. (2006) Designing 'moralized' products - Theory and Practice, in User Behavior and Technology Development Shaping Sustainable Relations Between Consumers and Technologies, Verbeek P-P and Slob A. (eds) .
- (Jones et al., 2001) Jones, E., Stanton, N.A., Harrison, D. (2001) Applying structured methods to Eco-innovation: An evaluation of the Product Ideas Tree diagram, Department of Design, Brunel University, Runnymede Campus, Egham, Surrey TW20 0JZ, UK, Elsevier Science.
- (Jones, 2003) Jones, E. (2003), Eco-innovation: tools to facilitate early-stage workshop, PhD Thesis Department of Design, Brunel University.
- (Jørgen Hanssen, 1995) Jørgen Hanssen O. (1995) Preventive environmental strategies for product systems, Journal of Cleaner Production 3(4), pp. 181-187.
- (Kaplan, 2001) Kaplan, R. (2001), ASIT Compared to Scamper for Devising New Products, The TRIZ journal, <http://www.triz-journal.com/archives/2001/12/d/index.htm>, Dec.2001.
- (Kemp et Foxon, 2007) Kemp, R., Foxon T. (2007) Typology of eco-innovation, Deliverable 2, Project Title: Measuring eco-innovation.
- (Kline et Rosenberg, 1986) Kline, S., Rosenberg N. (1986) An overview of innovation, Landau R., Rosenberg N. (eds), The positive Sum Strategy, National Academy Press, Washington.
- (Klemmer et al., 1999) Klemmer, P., Lehr, U., Lobbe, K. (1999) Environmental Innovation. Volume 3 of publications from a Joint Project on Innovation Impacts of Environmental Policy Instruments. Synthesis Report of a project commissioned by the German Ministry of Research and Technology (BMBF), Analytica-Verlag, Berlin.
- (Kletke et al., 2001) Kletke, M.G., Mackay, J.M., Barr, S.H., Jones, B. (2001) Creativity in the organization: the role of individual creative problem solving and computer support, International Journal of Human-Computer Studies 55, pp. 217–23.
- (Knight et Jenkins, 2009) Knight, P., Jenkins, J. (2009) Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective, Journal of Cleaner Production 17, pp. 549–558
- (Kobayashi, 2006) Kobayashi, H. (2006) A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning, Advanced Engineering Informatics 20, pp. 113–125.
- (Kobos et al., 2003) Kobos, P.H., Erickson, J.D., Drennen, T.E. (2003) Scenario analysis of Chinese passenger vehicle growth, Contemporary Economic Policy 21 (2), pp. 200-217.
- (Koetler, 1976) Koestler A. (1976) The act of creation. Hutchinson, London.
- (Labuschagne et al., 2005) Labuschagne, C., Brent A.C. van Erck, R.P.G (2005) Assessing the sustainability performances of industries, Journal of Cleaner Production 13(4), pp. 373-385.
- (Lagerstedt, 2003) Lagerstedt, J. (2003) Functional and Environmental Factors in early phases of product development-Eco-Functional Matrix, PhD Thesis, Royal Institute of Technology-KTH.
- (L'Atlas de l'environnement, 2007) L'Atlas de l'environnement, 2007, Hors Série, Le Monde diplomatique.
- (Legardeur, 2001) Legardeur, J. (2001), Méthodes et outils pour l'innovation produit/process Le cas de l'intégration des matériaux composites SMC, Thèse de Doctorat INPG.
- (Legardeur, 2009) Legardeur, J. (2009) Le management des idées en conception innovante : pour une hybridation des outils d'aide aux développements créatifs, Habilitation à Diriger les Recherches, Université Bordeaux 1.

BIBLIOGRAPHIE

- (Legardeur et al., 2009) Legardeur, J., Pialot, O., Tyl, B., Jarry, P. (2009). EcoASIT, Projectics, Bidart et San Sebastian, 26-27 November.
- (Le Masson et al., 2006) Le Masson P., Weil B., Hatchuel A. (2006) Les Processus d'innovation, conception innovante et croissance des entreprises, Lavoisier, Paris, 2006.
- (Le Pochat, 2005) Le Pochat S. (2005) Intégration de l'éco-conception dans les PME: proposition d'une méthode de savoir-faire pour la conception environnementale des produits, Thèse de Doctorat Arts et Métiers.
- (Leroy, 2009) Leroy, Y (2009) Développement d'une méthodologie de fiabilisation des prises de décisions environnementales dans le cadre d'analyse de cycle de vie basée sur l'analyse et la gestion des incertitudes sur les données d'inventaires, Thèse de doctorat Arts et Métiers.
- (Li et al., 2007) Li, Y., Wang, J., Li, X., Zhao W. (2007) Design creativity in product innovation. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 33(3-4), pp. 213–222.
- (Lindahl, 2005) Lindahl, M. (2006) Engineering designers' experience of design for environment methods and tools e Requirement definitions from an interview study, Journal of Cleaner Production 14, pp. 487-496.
- (Litchfield, 2009) Litchfield, R.C. (2009) Brainstorming rules as assigned goals: Does brainstorming really improve idea quantity? Motivation and Emotion 33, pp. 25–31.
- (Lilley, 2007) Lilley, D. (2007) Designing for Behavioural change: reducing the social impacts of product use through design, PhD Thesis, Department of Design and Technology, Loughborough University.
- (Lockton et al., 2010) Lockton, D, Harrison, D, Stanton, N.A. (2010) Design with Intent: concept generation for designing sustainable behaviour, Draft working paper, 2010.
- (Lofthouse, 2005) Lofthouse, V. (2005) Ecodesign tools for designers: defining the requirements. Journal of Cleaner Production 14, pp. 1386–1395.
- (Low et al., 2000) Low, M.K., Lamvik, T., Walsh, K., Myklebust, O. (2000) Product to service eco-innovation: the TRIZ model of creativity explored, Electronics and the Environment, 2000. ISEE 2000, Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on.
- (Luttrupp et Lagerstedt, 2006) Luttrupp, C., Lagerstedt, J. (2006) EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development, Journal of Cleaner Production 14, pp.1396-1408.
- (McAloone, 2000) Mc Aloone, T. (2000) Industrial Application of environmentally conscious design, Engineering Research Series, Engineering Publications, London.
- (McAloone, 2004) Mc Aloone, T. (2004) Design for utility, sustainability and societal virtues: Developing Product Service Systems, International design conference, Design 2004, Dubrovnik - Croatia, May 18 – 21.
- (Mahut et al., 2010) Mahut, S., Eynard, B., Merlo, C., Minel, S., Beaujon, T. (2010) Methodological tools integration for engineering design, International design conference, Design 2010, Dubrovnik - Croatia, May 17 - 20.
- (Maimon et Horowitz, 1999) Maimon, O.Z., Horowitz, R. (1999) Sufficient Conditions for Inventive Solutions. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics – Part C: application and reviews, vol. 29(3).
- (Manzini, 1993) Manzini, E. (1993) Values, Quality and Sustainable Development - the role of the cultural factor in the environmental reorientation of the system of production and consumption. Clean Production Strategies. T. Jackson, Lewis Publishers, pp. 367-386.

BIBLIOGRAPHIE

- (Manzini et al., 2004) Manzini, E., Collina, L., Evans, E. (2004) Solution oriented partnership, How to design industrialised solutions, Cranfield University.
- (Manzini,2006) Manzini, E. (2006). Design for sustainability. How to design sustainable solutions. Sustainable Everyday Project. Retrieved
- (Marchand et al., 2005) Marchand, A., De Coninck, P., Walker, S. (2005). Les consommations responsables: Perspectives nouvelles dans les domaines de la conception de produits». Dossier L'écocitoyenneté - NPS, vol. 18, n° 1, pp. 39-56.
- (Marin et al., 2008) Marín, J.M., Jiménez, A. Jiménez C. (2008) Relaja: caso de estudio de diseño aplicado al desarrollo local sostenible, 9ème Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) .
- (Matthews et al., 2002) Matthews, P.C, Blessing, L.T.M., Wallace, K.M (2002) The introduction of a design heuristic method, Advanced engineering informatics, vol.16.
- (Matthieu, 2008) Matthieu, A.L. (2008) L'éco innovation ou la contribution de la firme au développement durable dans sa sphère d'influence, XVIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, Nice, 28-30 mai.
- (Maussang, 2008) Maussang-Détaillé, N., Méthodologie de conception pour les systèmes produit services, Thèse de Doctorat GSCOP
- (Meadows et al., 1972) Meadows, D.H., Denis I., Randers J., Behrens III W. (1972). The limits to growth, A report to the Club of Rome.
- (Mellick, 2004) Mellick, A. (2004) Design for Sustainability Guide; website: <http://www.changedesign.org>.
- (Millet, 2003) Millet, D., et al., Intégration de l'environnement en conception- L'entreprise et le développement durable, 2003, Ed. Hermès Lavoisier, Paris, chapitre N°4.
- (Millet et al., 2005) Millet, D., Bistagnino, L., Lanzavecchia C., Camous R., Poldma, T., 2005, Does the potential of the use of LCA match the design team needs?, Journal of Cleaner Production 15, pp. 335-346.
- (Minel et al., 2006) Minel, S., Millet D., Vallette, T., Intégration d l'ergonomie dans la conception de produits mécaniques, dans Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits, pp. 211-232.
- (Molineux et Haslett, 2007) Molineux, J., Haslett , T. (2007) The Use of Soft Systems Methodology to Enhance Group Creativity, Systemic Practice and Action Research 20, pp. 477–496.
- (Mont, 2002) Mont, O. (2002) Drivers and barriers for shifting towards more service-oriented businesses: Analysis of the PSS field and contributions from Sweden, The Journal of Sustainable Product Design 2, pp. 89–103.
- (Mougenot, 2008) Mougenot, C. (2008) Modelisation de la phase d'exploration du processus de conception de produit, pour une créativité augmentée, Thèse de doctorat, ENSAM Paristech.
- (Mulder, 2007) Mulder K.F. (2007) Innovation for sustainable development: from environmental design to transition management, Sustainability Science 2(2) .
- (Mulet et Vidal, 2008) Mulet, E., Vidal, R. (2008) Heuristic guidelines to support conceptual design, Research in Engineering Design 19(2-3), pp. 101-112.
- (Nelson et al., 2009) Nelson, B.A., Wilson, J.O., Rosen, D., Yen, J. (2009) Refined metrics for measuring ideation effectiveness, Design Studies 30 (6), pp. 737-743.
- (Ngassa et al. 2003) Ngassa, A., Bigand, M., Yim, P. (2003) A New Approach for the Generation of Innovative Concept for Product Design, ICED'03, Stockholm.

BIBLIOGRAPHIE

- (Niemann et al. 2009) Niemann, J., Tichkiewitch, S., Westkämper, E. (Eds.) (2009) Design of Sustainable Product Life Cycles.
- (Norell, 1993) Norell, M. (1993) The use of DFA, FMEA, and QFD as tools for concurrent engineering in product development processes. ICED '93. The Hague.
- (Núñez et al. 2006) Núñez, Y., Irusta, R., García, N., Nieto, M., Mora, A. (2006) The Spanish Eco-design Standard. Implementation in SMEs, Proceedings of 13th CIRP International conference on Life Cycle Engineering.
- (Nuij, 2001) Nuij, R. (2001) Eco-innovation-helped or hinder by integrated product policy, The Journal of Sustainable Product Design 1; pp. 49–51.
- (OCDE, 2009) La production durable et l'éco-innovation au service d'une économie verte – Document de synthèse, Octobre 2009.
- (OCDE, 2010) Rapport aux Ministres sur la Stratégie de l'OCDE pour l'innovation – Principales constatation – Mai 2010.
- (OMS, 2004) World Health Organization (2004) Water, sanitation and hygiene links to health: facts and figures. Geneva, Switzerland, http://www.who.int/water_sanitation_health/factsfigures2005.pdf.
- (OMS, 2006) Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre, Mise à jour mondiale 2005, Synthèse de l'évaluation des risques, http://www.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_fre.pdf.
- (O'Hare, 2010) O'Hare, J.A. (2010) Eco-innovation tools for the early stages: an industry-based investigation of tool customisation and introduction, PhD Thesis Department of Mechanical Engineering, University of Bath.
- (Oltra and Saint Jean, 2009) Oltra, V., Saint Jean, M. (2009) Sectoral systems of environmental innovation: an application to the French automotive industry. Technological Forecasting and Social Change 76, pp. 567-583.
- (Ölundh, 2006) Ölundh, G. (2006) Modernising Ecodesign, Ecodesign for innovative solutions, PhD thesis, Department of Machine Design, Royal Institute of Technology.
- (Osborn, 1953) Osborn, A.F. (1953) Applied imagination. Oxford, England: Scribner's.
- (Ozer, 1999) Ozer, M. (1999) A survey of a New product Evaluation Models, The Journal of Product Innovation Management 1.
- (Panarotto, 2010) Panarotto, M. (2010) Creative Methods for Sustainability Driven Innovation, Master of Science Mechanical Engineering, Luleå University of Technology.
- (Papanek, 1971) Papanek, V. (1971) Design for the real World, Thames and Hudson Ltd .
- (Park et Tahara, 2007) Park, P-J, Tahara, K, (2007) Quantifying producer and consumer-based eco-efficiencies for the identification of key ecodesign issues, Journal of Cleaner Production 16(1), pp. 95-104.
- (Pahl et Beitz, 1977) Pahl, G., Beitz, W. (1977) Konstruktionslehre, traduction anglaise : 1984, titre anglais : engineering design, Arnold Pomerans, Ken Wallace, translator, Springer Verlag,
- (Peach, 2007) Peach, N. (2007) Directional Certainty in Sustainability-Oriented Innovation Management, chapitre de Innovations Towards Sustainability, Lehmann-Waffenschmidt, M.(ed), published in Physica-Verlag HD.
- (Perrin, 2001) Perrin, J. (2001) Concevoir l'innovation industrielle : Méthodologie de conception de l'innovation. CNRS Editions. 2001.
- (Pialot, 2009) Pialot, O. (2009) L'approche PST comme outil de rationalisation de la démarche de conception innovante, Thèse de doctorat G-SCOP

BIBLIOGRAPHIE

- (Rahimi et Weidner, 2002) Rahimi, M., Weidner, M. (2002) Integrating Design for Environment Impact Matrix into Quality Function Deployment Process, *The Journal of Sustainable Product Design* 2, pp. 29–41.
- (Rees, 2000) Rees, W.E. (2000) Eco-footprint analysis: merits and brickbats. *Ecological Economics* 32 (3), pp. 371–374.
- (Reich, 2010) Reich, Y. (2010) My method is better, *Research in Engineering Design* 2, pp. 137–142.
- (Reich et al., 2010) Reich, Y., Hatchuel, A., Shai, O., Subrahmanian, E. (2010) A theoretical analysis of creativity methods in engineering design: casting and improving ASIT within C-K theory', *Journal of Engineering Design*, First published on: 16 July 2010.
- (Reid et Miedzinski, 2008) Reid, A., Miedzinski (2008), *Eco-innovation: Final report for Sectoral Innovation Watch*, Technopolis Group, Brighton.
- (Reijnders 1998) Reijnders, L. (1998). The factor X debate: setting targets for eco-efficiency, *Journal of Industrial Ecology* 2(1), pp: 13-22.
- (Reich et al., 2010) Reich, Y., Hatchuel, A., Shai, O., Subrahmanian, E. (2010) A theoretical analysis of creativity methods in engineering design: casting and improving ASIT within C-K theory', *Journal of Engineering Design*, First published on: 16 July 2010.
- (Renning, 2000) Rennings, K. (2000) Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics, *Ecological Economics* 32, pp: 319–332.
- (Resnick et al., 2005) Resnick, M., Myers, B., Nakakoji, K., Shneiderman, B., Pausch, R., Selker, T., Eisenberg, M. (2005) *Design principles for tools to support creative thinking*, in NFS Workshop Report on Creativity Support Tools. National Science Foundation.
- (Reyes, 2007) Reyes, T. (2007) *L'éco-conception dans les PME: Les mécanismes de cheval de Troie méthodologique et de choix de trajectoires comme vecteurs d'intégration de l'environnement dans l'entreprise*, Thèse de Doctorat Université du Sud Toulon Var.
- (Rio et al., 2011) Rio M., Reyes T., Roucoules L. (2011) *Toward proactive eco-design based on engineer and eco-designers software interface modeling*, ICED'11, August 2011, Denmark.
- (Robinson, 1986) Robinson, J.W. (1986) Design as an exploration, *Design Studies* 7(2) pp: 67-79.
- (Robson, 1993) Robson, C. (1993) *Real world research: a resource for social scientists and practitioner-researchers*, Oxford; Cambridge, MA: Blackwell.
- (Rocchi, 2005) Rocchi, S. (2005) *Enhancing Sustainable Innovation by Design*, PhD Thesis, Erasmus University Rotterdam.
- (Rohrbach, 1969) Rohrbach B. (1969) Creative by rules - Method 635, a new technique for solving problems first published in the German sales magazine "Absatzwirtschaft", Volume 12, pp. 73-75.
- (Roy, 1978) Roy M. (1978) Processus de créativité, *Canadian Journal of Education* 3.
- (Russo et Regazzoni, 2008) Russo, D., Regazzoni, D. (2008) TRIZ Law of evolution as eco-innovative method Proceedings of IDMMME – Virtual concept 2008, Beijing China October 8 – 10.
- (Sakao et Shimomura, 2007) Sakao T., Shimomura, Y. (2007) Service Engineering: a novel engineering discipline for producers to increase value combining service and product, *Journal of Cleaner Production* 15 (6), pp. 590-604.
- (Santanen, 2004) Santanen EL, Briggs RO, De Vreede G-J (2004) Causal relationships in creative problem solving: comparing facilitation interventions for ideation. *Journal of Management Information Systems* 20(4), pp. 167–197.
- (Samet, 2010) Samet K.W. (2010) *Développement d'une méthode d'éco-innovation : Eco-MAL'IN*, Thèse de Doctorat ParisTech.

BIBLIOGRAPHIE

- (Sarja et al., 1999) Sarja, A., Fukushima, T., Kümmel, J., Müller, C. (1999) Environmental design methods in materials and structural engineering – Progress Report of RILEM TC 172-EDM/CIB TG 22, Materials and Structures/Matériaux et Constructions 32, December 1999, pp, 699-707.
- (Shah, 1993) Shah, J. (1993) Method 5-1-4 G – A variation on method 635, MAE 540 Class Notes, Arizona State University, Tempe, AZ. .
- (Shah et Vargas-Hernandez, 2003) Shah, J., Vargas-Hernandez, N., (2003) Metrics for measuring ideation effectiveness, Design Studies 24, pp. 111–134.
- (Scavaretti, 2004) Scavaretti, D. (2004) Formalisation préalable d'un problème de conception, pour l'aide à la décision en conception préliminaire, Thèse de doctorat, ENSAM Bordeaux
- (Schnetzler, 2004) Schnetzler, N. (2004) Die Ideenmaschine. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- (Schumpeter, 1934) Schumpeter, J.A. (1934) The Theory of Economic Development, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- (Sébastien et Brodhag, 2004) Sébastien, L., Brodhag, C. (2011) A la recherche de la dimension sociale du développement durable, Développement durable et territoires, Dossier 3 : Les dimensions humaine et sociale du Développement Durable.
- (Sherwin, 2000) Sherwin, C. (2000) Innovative ecodesign—an exploratory and descriptive study of industrial design practice. PhD thesis, Cranfield University.
- (Sherwin et Evans, 2000) Sherwin, C., Evans, S. (2000) Ecodesign Innovation: Is early always best? In IEEE International Symposium on Electronics and the Environment 2000 conference proceedings, 8-10th May 2000, The Institute of Electrical and Electrical Engineers Inc. Computer Society, Technical Committee on Electronics and the Environment, San Francisco, California, pp. 112-117.
- (Simon, 1995) Simon, H.A. (1995) Problem forming, problem finding, problem solving in design, dans A. Collen & W. Gaspariki (eds), Design & system, Transaction Publisher, New Brunswick (USA), pp. 245-257.
- (Smith, 2006) Smith, D.H. (2006) The link between poverty and environment: the rationale for environmentally sustainable resource use, with application to land management in the altai region, dans H. Vogtmann and N. Dobretsov (eds.), Environmental Security and Sustainable Land Use – with special reference to Central Asia, pp. 215–230.
- (Smith, 2008) Smith, B. (2008) Towards Radical Eco-Innovation - Fabric Care at Electrolux, Master of Science in Environmental Management and Policy Lund, Sweden.
- (Sol, 1974) Sol, J.-P. (1974) TEMCA Techniques et Méthodes de Créativité Appliquée. Edition universitaire, Paris.
- (Spangenberg et al., 2010) Spangenberg, J.H., Fuad-Luke, A., Blincoe, K. (2010) Design for Sustainability (DfS): the interface of sustainable production and consumption, Journal of Cleaner Production 18, pp. 1485-1493.
- (Stal et George, 1996) Stal, D.M., George, T.M. (1996) Skeleton based techniques for the creative synthesis of structural shapes, Artificial Intelligence in Design (AID'96), John S. Gero (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 3761–780.
- (Stempfle et Badke-Schaub, 2002) Stempfle, J., Badke-Schaub, P. (2002) Thinking in design teams – an analysis of team communication, Design Studies 23(5).
- (Thackara, 2008) Thackara, J. (2008) In the bubble – De la complexité au design durable, Publication de l'université de Saint Etienne, cité du design édition.
- (Takahara, 2009) Takahara, T. (2009) Logical Enhancement of ASIT, The TRIZ journal.

BIBLIOGRAPHIE

- (Tan et al., 2007) Tan, A., McAlloone, T. et Gall, C. (2007) Product/service-system development - an explorative case study in a manufacturing company. ICED'2007, Paris.
- (Thiebaud, 2003) Thiebaud, F. (2003) Formalisation et développement de la phase de résolution de problème en conception industrielle, Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur.
- (Thouvenin, 2002) Thouvenin, E. (2002) Modelisation des processus de conception de produits et développement de la capacité d'innovation aux des PME-PMI, Thèse de doctorat Arts et métiers.
- (Tukker et al., 2001) Tukker, A., Eder, P., Charter, M., Haag, E., Vercalsteren, A., Wiedmann, T. (2001) Eco-design: The State of Implementation in Europe Conclusions of a State of the Art Study for IPTS, The Journal of Sustainable Product Design 1 pp: 147–161.
- (Turner, 2009) Turner, S. (2009) ASIT-a problem solving strategy for education and eco-friendly sustainable design, International Journal of Technology and Design Education 19 (2).
- (Tyl et al., 2009) Tyl, B., Legardeur, J., Millet, D., Falchi, A., Ranvier, B. (2009) A new approach in the development of a creative method to stimulate responsible innovation, International Conference on Green and Sustainable Innovation, Chiang Rai, 2 - 4 December.
- (Tyl et al., 2010) Tyl, B., Legardeur, J., Millet, D., Vallet, F. (2010) Stimulate creative ideas generation for eco-innovation: an experimentation to compare eco-design and creativity tools, IDMME Virtual Concept, Bordeaux, 20-22 October.
- (Tyl et al., 2011a) Tyl, B., Legardeur, J., Millet, D., Falchi, A., Ranvier, B. (2011) A New Approach for the Development of a Creative Method to Stimulate Responsible Innovation. Springer, A. Bernard Ed., pp. 93-104. Nantes, France.
- (Tyl et al., 2011b) Tyl, B., Legardeur, J., Millet, D. (2011) L'apport de la créativité en éco-innovation, 12ème colloque AIP-PRIMECA, Le Mont-Dore, 29 Mars-1er avril.
- (Tyl et al., 2011c) Tyl, B., Legardeur, J., Baldaccino, C. (2011) Développement d'un outil de créativité pour la génération d'éco-innovations, Congrès International sur l'Analyse du Cycle de Vie, Lille, Novembre 2011.
- (UNEP, 2010) Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management. Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P., Lenzen, M., McNeely, J., Moriguchi, Y.
- (UNEP, 2011) Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A.
- (Uzunidis, 2004) Uzunidis, D. (2004) L'innovation et l'économie contemporaine: Espaces cognitifs et territoriaux, édition De Boeck Université.
- (Vallet et al., 2011) Vallet, F., Millet, D., Eynard, B. (2011) Requirements and Features Clarifying for eco-design tools. In Global Product Development-. Springer, A. Bernard Ed., 127-137. Nantes, France.
- (van Berkel et al., 1997) van Berkel, R., Willems, E., Lafleur, M. (1997) Development of an industrial ecology toolbox for the introduction of industrial ecology in enterprises, Journal of Cleaner Production 5 (1-2), pp: 11-25.
- (Van der Ryn et Cowan, 1996) Van der Ryn, S., Cowan, S. (1996) Ecological Design, Island Press, USA.

BIBLIOGRAPHIE

- (Van der Lugt, 2001) Van der Lugt, R. (2001) Developing brainsketching, a graphic tool for generating ideas. Idea Safari, 7th European Conference on Creativity and Innovation, University of Twente, The Netherlands.
- (Van Handoeven et Trassaert, 1999) Van Handoeven, E., Trassaert, P. (1999) Knowledge management and design skills, What industry tends to show us, ICED'99, Munich.
- (van Sambeek et Kampers, 2004) van Sambeek, P., Kampers, E. (2004) NU-spaarpas, the sustainable incentive card scheme, January 2004.
- (Vargas Hernandez et al., 2010) Vargas Hernandez, N., Shah, J.J., Smith S.M. (2010) Understanding design ideation mechanisms through multilevel aligned empirical studies, Design Studies 31 (4), pp. 382-410
- (Verzyer 1998) Verzyer, R. W. (1998) Discontinuous innovation and the new product development process. Journal of Product Innovation Management 15, pp. 304–321
- (Vezzoli, 2006) Vezzoli, C. (2006) Design for sustainability: the new research frontiers, 7th Brazilian Conference on Design, Curitiba.
- (Vezzoli et Manzini, 2008) Vezzoli C., Manzini E. (2008) Design for Environmental Sustainability, Springer-Verlag London.
- (Vidal, 2007) Vidal, R.V.V.(2007) Creativity for problem solvers, Ai Society 23(3), pp. 409-432.
- (Visser, 2004) Visser, W. (2004) Dynamic aspects of Design Cognition: Elements for a cognitive Model of Design, Rapport INRIA n°5144, mars 2004, Theme 3A Databases, Knowledge Bases, Cognitive Systems Projet EIFFEL.
- (Wackernagel et Rees, 1996) Wackernagel, M., Rees, W.E. (1996) Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.
- (Wallas, 1926) Wallas, G. (1926) The Art of Thought, Harcourt Brace, New York.
- (Wallish, 2003) Wallish, P. (2003) Artificial creativity, University of Chicago, http://www.lasap.de/Downloads/ARTIFICIAL_CREATIVITY.pdf.
- (Watts et al., 2006) Watts, D.C.H., Ilbery, B., Maye, D. (2006) Making reconections in agro-food geography: alternative systems of food provision, Progress in Human Geography 29(1), pp. 22–40.
- (WBCSD, 1995) World Business Council for Sustainable Development (1999) Eco-Efficiency Indicators: A tool for better Decision-Making, Technical Report.
- (WCED, 1987) World Commission on Environment and Development (1987) Brundtland Report, Our common future. United Nations, WCED, Oxford University Press.
- (Weite et al., 2006) Weite, P-A, Fougères, A-J, Gazo, C. (2006) Les micro-outils, vecteur d'appropriation des nouvelles méthodologies de conception et d'innovation, in Evaluation et décision dans le processus de conception, B. Yannou et E. Bonjour (Dir.), Traité IC2, Hermes-France, pp. 135- 149.
- (Wever et al., 2008) Wever, R., van Kuijk J., Boksc C. (2008) User-centred design for sustainable behaviour, International Journal of Sustainable Engineering 1(1), pp. 9-20.
- (Wiggum, 2004) Wiggum, K.S. (2004) Human and ecological problem solving through radical design thinking, PhD Thesis, Department of Product Design Engineering, Faculty of Engineering Science and Technology.
- (William et Millington, 2004) Williams, C.C, Millington, A.C. (2004) The diverse and contested meanings of sustainable development, The Geographical Journal, Volume 170 (2), pp. 99–104
- (Willis, 2003) Willis, A. (2003) The Role of the Global Reporting Initiative's Sustainability Reporting Guidelines in the Social Screening of Investments Journal of Business Ethics 43, pp. 233–237.

BIBLIOGRAPHIE

- (Wolniak et Sedek 2008) Wolniak, E.R, Sedek, A. (2009) Using QFD method for the ecological designing of products and services, *Quality and Quantity* 43, pp. 695–701.
- (WWF, 2006) WWF, *Living Planet Report*, 2006.
- (Xuereb 1991) Xuereb, J.M. (1991) Une redéfinition du processus d'innovation, *Revue française de gestion* ; juin- juillet- août 1991.
- (Yang et Chen, 2011) Yang, C.J., Chen, J.L. (2011) Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrates case-based reasoning and TRIZ method, *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2011.01.014.
- (Yilmaz et Seifert, 2010) Yilmaz, S, Seifert, C. M. (2010) Cognitive heuristics in design ideation, *International design conference, Design 2010, Dubrovnik - Croatia*.

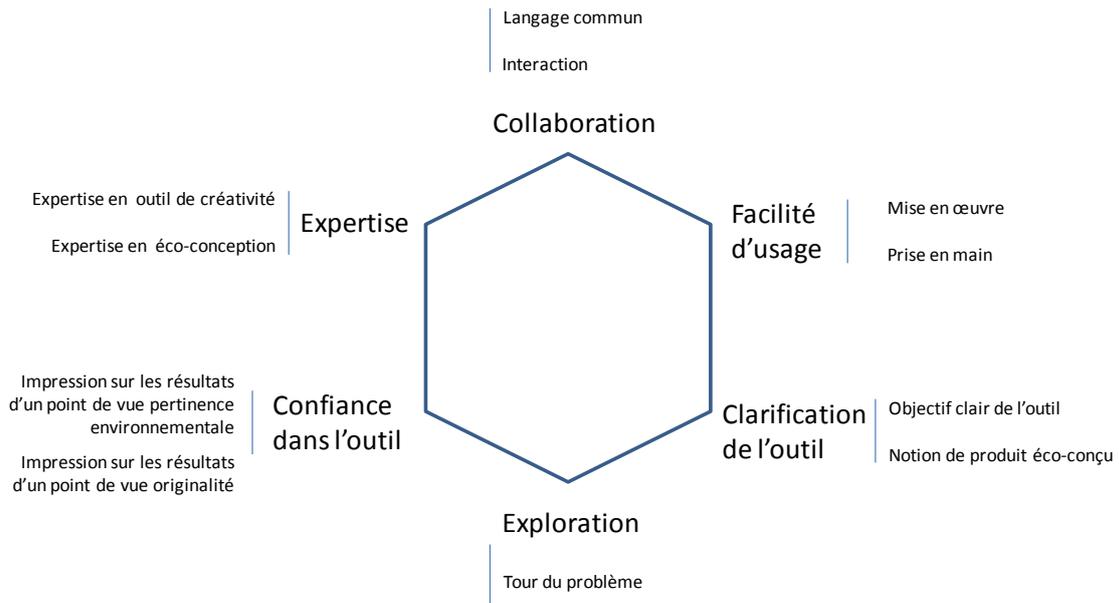
ANNEXES

Annexe 1 – Questionnaire à remettre aux participants

NOM :

OUTIL/Variable testé :

6 axes composent le questionnaire



1. Quelle est votre connaissance en éco-conception ?

<input type="checkbox"/>	Compétence – Expertise
<input type="checkbox"/>	Compréhension
<input type="checkbox"/>	Prise de conscience
<input type="checkbox"/>	Ignorance

2. Avez-vous pratiqué les outils suivants ?

<input type="checkbox"/>	Guide éco-conception
<input type="checkbox"/>	ESQCV
<input type="checkbox"/>	ACV simplifié
<input type="checkbox"/>	ACV
<input type="checkbox"/>	Autre : ...

3. Avez-vous pratiqué les outils suivants ?

<input type="checkbox"/>	Concassage
<input type="checkbox"/>	Brainstorming
<input type="checkbox"/>	TRIZ (9 écrans, matrice de contradiction, homme miniatures...)
<input type="checkbox"/>	SIT – ASIT
<input type="checkbox"/>	Matrice de découverte
<input type="checkbox"/>	6 chapeaux
<input type="checkbox"/>	Autre : ...

4. L'outil favorise-t-il l'interaction et la DISCUSSION entre les participants ?

<input type="checkbox"/>	L'outil bloque l'échange et la discussion
<input type="checkbox"/>	Avec ou sans outil, il y aurait eu la même discussion entre les participants
<input type="checkbox"/>	L'outil semble favoriser un échange entre participants
<input type="checkbox"/>	L'outil a favorisé la mise en place d'un échange fructueux entre les participants lors de la session.

5. D'après vous, l'outil favorise-t-il la COMPREHENSION MULTI-DISCIPLINAIRES ?

<input type="checkbox"/>	L'outil me semble trop spécifique à un corps de métier
<input type="checkbox"/>	L'outil est soit trop général, soit trop orienté pour les experts
<input type="checkbox"/>	L'outil ne favorise pas la multi-disciplinarité mais ne la bloque pas non plus.
<input type="checkbox"/>	L'outil semble s'adresser à tout le monde et favoriser la multi-disciplinarité

6. La notion de produit durable et éco-innovant était-elle claire pour le groupe ?

<input type="checkbox"/>	Le groupe s'est accordé rapidement sur la notion de produit durable
<input type="checkbox"/>	La notion de produit durable n'a pas vraiment été abordée, mais cela n'a pas gêné le déroulement de la session.
<input type="checkbox"/>	La notion de produit durable a freiné la session – On est revenu plusieurs fois sur cette notion
<input type="checkbox"/>	La notion de produit durable a fortement bloqué le déroulement de la session

7. Comment jugez-vous LA PRISE EN MAIN de l'outil, l'apprentissage ?

<input type="checkbox"/>	La méthode est facile à prendre en main et à manipuler. Je saurai facilement la réutiliser
<input type="checkbox"/>	J'ai mis un peu de temps à prendre en main l'outil, mais cela ne m'a pas marqué
<input type="checkbox"/>	J'ai eu du mal à prendre en main l'outil et aurai du mal à le réutiliser sans aide
<input type="checkbox"/>	La prise en main est compliquée

8. Que pensez-vous du TEMPS DE MISE EN OEUVRE de l'outil, de la rapidité de génération d'idée?

<input type="checkbox"/>	L'outil est rapide à mettre en œuvre et on génère rapidement des idées
<input type="checkbox"/>	Le processus met un peu de temps à s'installer
<input type="checkbox"/>	Il y a une disproportion entre la mise en place du problème et la génération d'idée
<input type="checkbox"/>	Il y a un travail préliminaire trop important avant de passer en génération d'idée

9. Avez-vous compris la démarche, l'objectif était-il clair ?

<input type="checkbox"/>	La démarche est claire et les objectifs bien spécifiés. Je me suis focalisé sur le résultat. Je comprends les limites de l'outil et ses apports.
<input type="checkbox"/>	La démarche est claire mais les apports de l'outil ne sont pas évidents
<input type="checkbox"/>	Je me suis parfois demandé quel était l'objectif de l'étape ou du processus. Les apports de l'outil ne sont pas clairs
<input type="checkbox"/>	Mon attention s'est trop focalisée sur la démarche et moins sur la recherche de solution. Je ne comprends pas l'apport de l'outil.

10. Avez-vous eu l'impression d'avoir fait globalement le TOUR DU PROBLEME ?

<input type="checkbox"/>	J'ai l'impression d'avoir fait le tour du problème et d'avoir exploré l'ensemble des possibilités.
<input type="checkbox"/>	Le problème a été bien exploré mais une nouvelle session serait intéressante.
<input type="checkbox"/>	J'ai l'impression d'avoir effleuré le problème.
<input type="checkbox"/>	Nous sommes restés très proches du problème initial sans avoir exploré de nouvelles possibilités.

11. Trouvez-vous les solutions que le groupe a générées PERTINENTES d'un point de vue environnemental?

<input type="checkbox"/>	Le groupe a généré des solutions qui me paraissent très pertinentes d'un point de vue environnemental. L'apport de l'outil est important.
<input type="checkbox"/>	L'outil a généré des solutions qui a priori paraissent pertinentes mais l'apport de l'outil est moins évident.
<input type="checkbox"/>	Certaines des solutions paraissent intéressantes, mais pas plus que pour tout autre outil. Un guideline en éco-conception aurait suffit.
<input type="checkbox"/>	La dimension environnementale des solutions générées ne m'a pas marqué.

12. Trouvez-vous les solutions que le groupe a générées ORIGINALES?

<input type="checkbox"/>	Les solutions générées m'ont vraiment surpris par leur originalité.
<input type="checkbox"/>	Le groupe a généré des idées originales.
<input type="checkbox"/>	Certaines idées semblent originales mais pas plus que pour tout autre outil.
<input type="checkbox"/>	J'ai l'impression d'être resté dans ce qui se fait actuellement.

ANNEXES

13. Quels sont les forces de l'outil?

<input type="checkbox"/>	Mise en place du problème
<input type="checkbox"/>	Génération d'idées
<input type="checkbox"/>	Autre

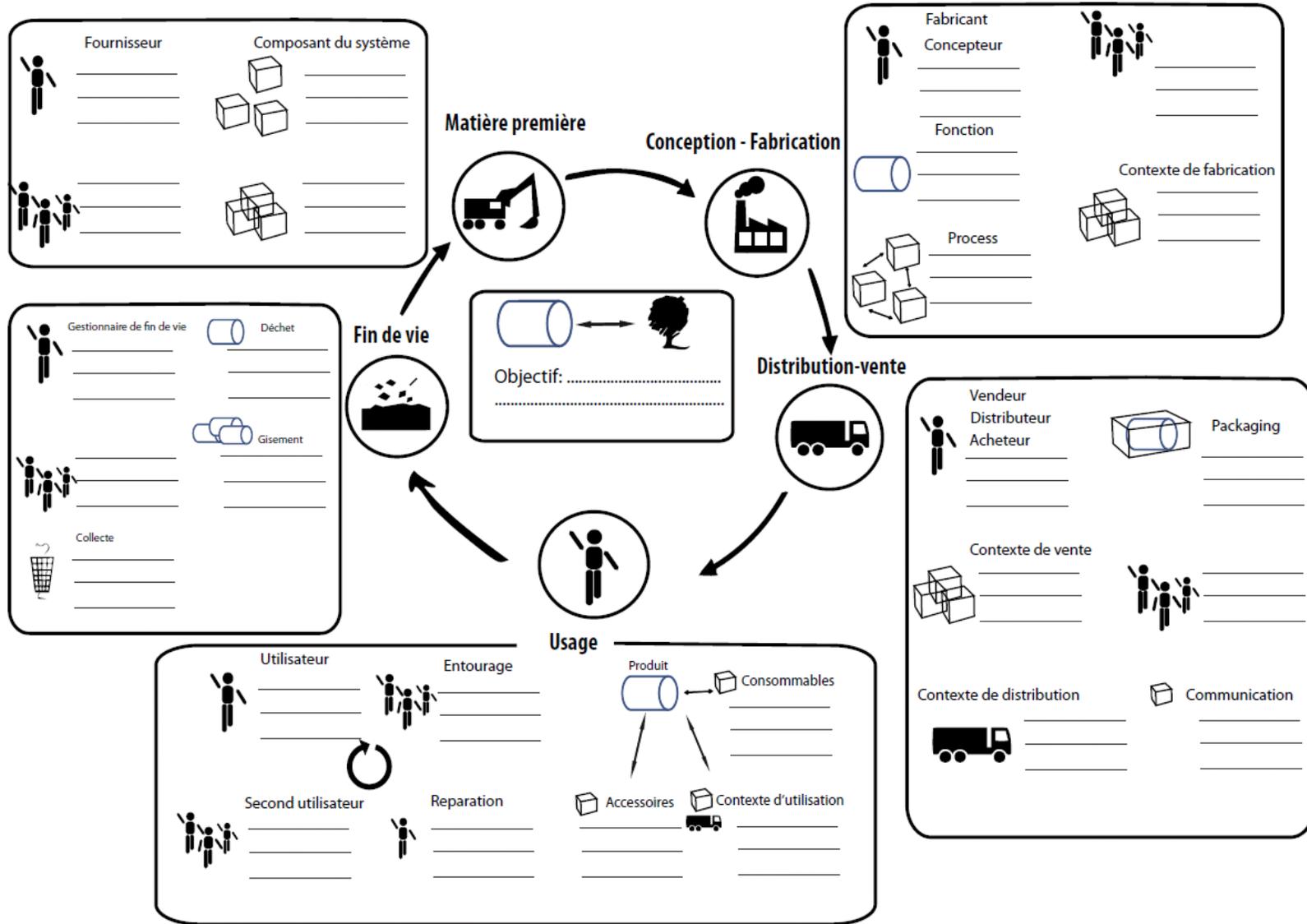
14. Autres remarques

ANNEXES

Annexe 2 – Matrice de réorientation (EcoASIT version 1)

	Priorité	Matière première <i>(Propriété, Mise en forme, Toxicité, Fin de vie)</i>	Fabrication <i>(Consommation, toxicité, impact sonore, déchet)</i>	Logistique <i>(Poids et volume, Emballage, Transport, déchet)</i>	Utilisation <i>(Conso. de ressources, Toxicité, Maintenance)</i>	Fin de vie <i>(Démantél., Recyclage, Durée de vie, Réparabilité, Réutilisation)</i>	Apprentissage	Incitation	Valeur d'estime	Bon usage	Besoin	Emploi	Condition de travail	Cohésion sociale
Priorité														
Matière première <i>(Propriété, Mise en forme, Toxicité, Fin de vie)</i>														
Fabrication <i>(Consommation, toxicité, impact sonore, déchet)</i>														
Logistique <i>(Poids et volume, Emballage, Transport, déchet)</i>														
Utilisation <i>(Conso. de ressources, Toxicité, Maintenance)</i>														
Fin de vie <i>(Démantél., Recyclage, Durée de vie, Réparabilité, Réutilisation)</i>														
Apprentissage														
Incitation														
Valeur d'estime														
Bon usage														
Besoin														
Emploi														
Condition de travail														
Cohésion sociale														

Annexe 3 – Monde clos (EcoASIT version 1)



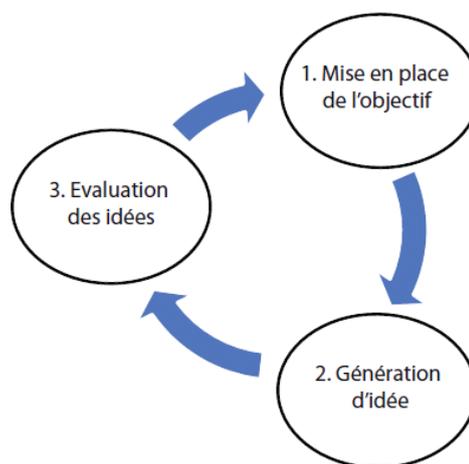
Annexe 4 – Guidelines EcoASIT version 5

Lignes directrices pour l'utilisation d'un outil de créativité ASIT orienté sur une approche responsable

La méthode EcoASIT consiste à développer des phrases de stimulation dans le but de générer des concepts répondant à une logique de développement durable.

- Dans un premier temps, EcoASIT demande d'identifier un objectif à atteindre.
- On définit ensuite un cadre de réflexion générique, le « monde clos », à l'intérieur duquel la solution éco-innovante va être générée. Ce « monde clos » est constitué d'un ensemble d'objets qui vont être manipulés dans le but de générer des concepts éco-innovants.
- Puis l'outil propose de construire des phrases génériques afin de stimuler la génération d'idées. A chaque phrase, le groupe peut entrer en séance de brainstorming.
- Enfin, la session EcoASIT se conclue par l'évaluation des idées suivant 3 critères: originalité, pertinence environnementale, pertinence sociétale ;

Déroulement de la session d'éco-innovation



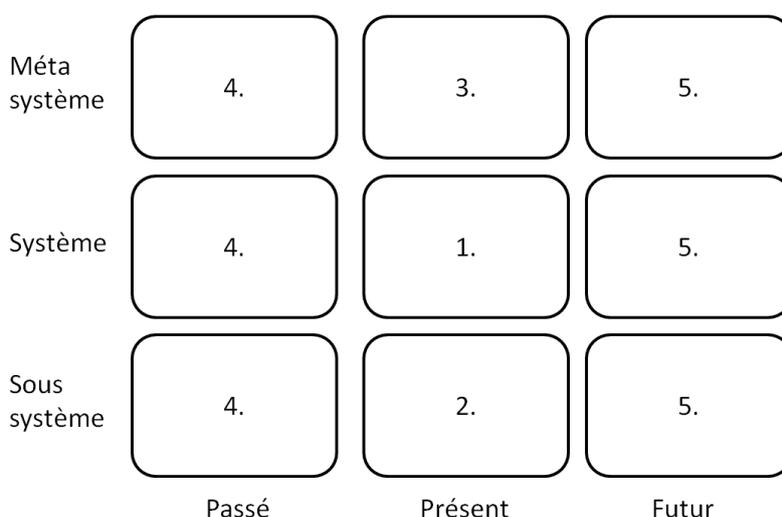
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p style="font-size: 8px; margin: 0;">1. Mise en place de l'objectif</p> </div> </div>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réflexion sur les frontières du système : 9 écrans 2. Identification d'un objectif 3. Contexte dans lequel évolue le système : le « monde clos »
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p style="font-size: 8px; margin: 0;">2. Génération d'idées</p> </div> </div>	<p>Formulation de phrases de stimulation dans le but de faciliter la génération d'idées.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 3 mécanismes de stimulation : Suppression, Intégration, Modification
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p style="font-size: 8px; margin: 0;">3. Evaluation des idées</p> </div> </div>	<p>3 critères d'évaluation : Originalité, Pertinence environnementale, Pertinence sociétale</p>

	<h2 style="color: blue;">IDENTIFICATION D'UN OBJECTIF</h2> <h3 style="color: blue;">Les 9 écrans</h3>
---	---

Cette étape a pour objectif d'appréhender une vision globale du produit, de ses composants et de l'environnement dans lequel il est inséré.

Cette mise en commun des connaissances du groupe permet ainsi de définir le périmètre du système à (re)concevoir. Ainsi, il conditionne le niveau d'ouverture du champ de solutions possibles, ou le niveau de remise en cause de la solution actuelle.

L'outil se compose de 9 « écrans » à remplir par le groupe. Ces 9 « écrans » définissent le système étudié, ses composants et le « super système » dans lequel il évolue, mais aussi retrace le système sur un axe temporel (passé-présent-futur).



Pour cela, les différentes étapes à suivre:

1. Définir le système actuel ainsi que ses fonctions principales.
2. Définir quels sont les différents composants du système actuel (sous système).
3. Définir l'environnement dans lequel est inséré mon système (méta système):
 - De quel super système fait-il parti ?
 - Quel est l'environnement dans lequel est inséré mon système ?
 - Retracer le cycle de vie du produit :
 - o En phase d'utilisation : Quels sont les accessoires éventuels, les consommables, les utilisateurs primaires, secondaires ? Refaire l'opération dans le passé.
 - o En phase de fabrication : D'où viennent les matières premières ? Quelles sont les parties prenantes éventuelles ?
 - o En phase de logistique : Comment mon système est-il transporté ? Vendu ?
 - o En phase de fin de vie : Comment mon système est-il traité en fin de vie ?
4. Retracer l'historique du système.
 - Quel était mon super système dans le passé ?
 - Quel était mon système dans le passé ?
 - Comment était-il composé ?
5. Décrire une évolution future du système.
 - Quel sera le super système futur ?
 - Dans quel environnement sera inséré mon système ?

A la fin de cette étape, le groupe doit être capable de partager une vision commune du système étudié et de s'accorder sur les frontières.

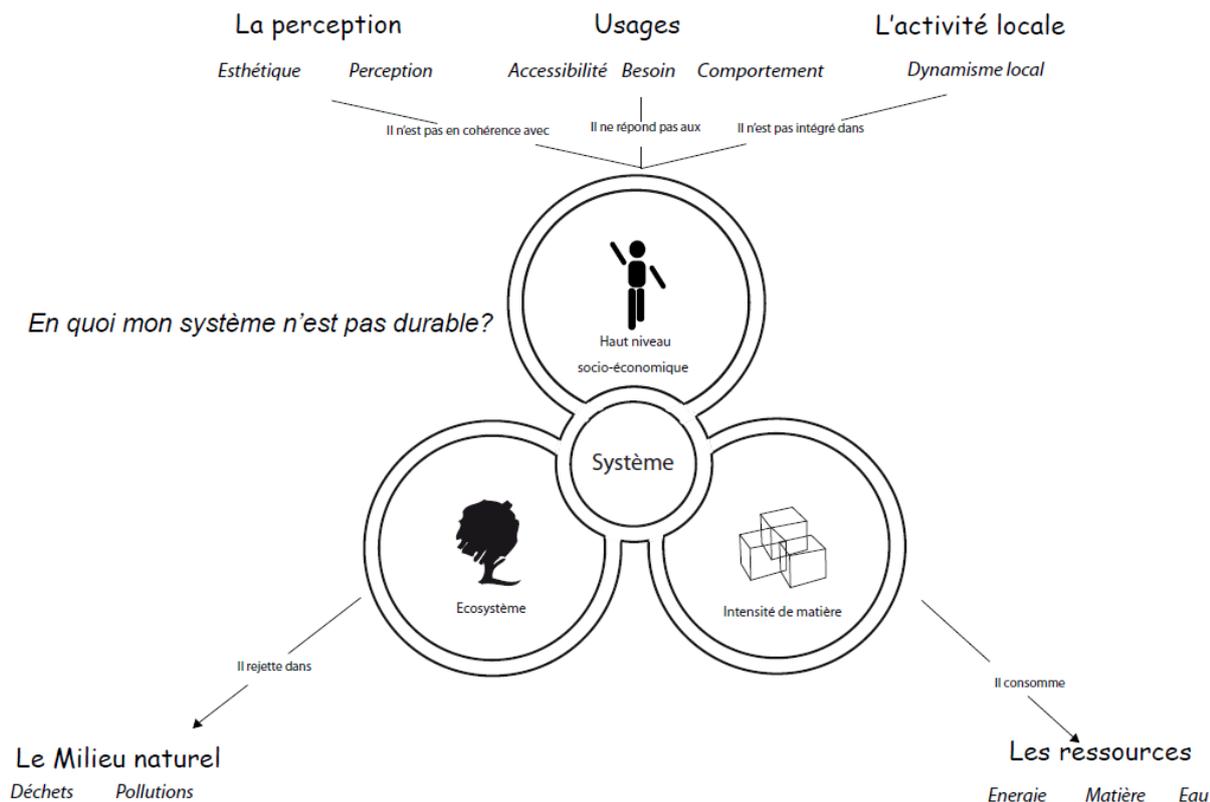
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 80%; height: 80%; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p style="margin: 0;">1. Mise en place de l'objectif</p> </div>	<h2 style="margin: 0; color: blue;">IDENTIFICATION D'UN OBJECTIF</h2> <h3 style="margin: 0; color: blue;">Le diagramme d'évaluation</h3>
--	--

Une fois le périmètre bien défini, une deuxième étape consiste en la définition d'un objectif de session.

Pour cela, l'outil EcoASIT propose d'évaluer le système à l'aide d'un diagramme en 5 axes qui permet d'identifier et de hiérarchiser les conditions qui font que **le système actuel n'est pas un système idéal et durable**.

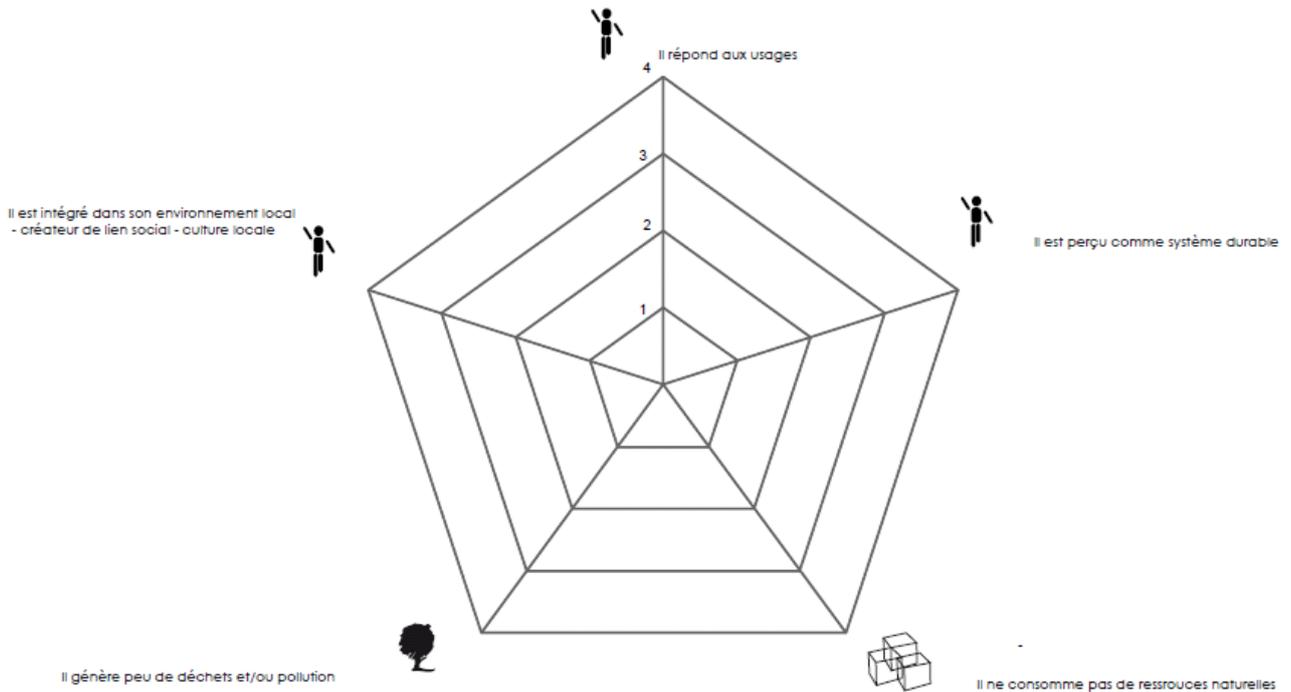
Ces cinq axes correspondent donc à 5 problèmes majeurs :

- Le système consomme des ressources naturelles (eau, énergie, matière)
- Le système génère des déchets et/ou pollutions
- Le système n'est pas intégré dans son environnement local
- Le système n'est pas perçu comme système durable
- Le système ne correspond pas aux usages



<p>1. Mise en place de l'objectif</p>	<h1>IDENTIFICATION D'UN OBJECTIF</h1>
---------------------------------------	---------------------------------------

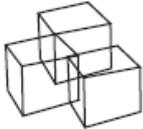
En quoi le système actuel n'est-il pas durable?



1. Mise en place
de l'objectif

IDENTIFICATION D'UN OBJECTIF

Aide à la définition de l'objectif

 <p>Haut niveau socio- économique</p>	<p>Mon produit participe –t-il à une amélioration du contexte socio-culturel ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Favorise-t-il l'emploi? (Conditions de travail, emploi local, emploi des minorités) - Favorise-t-il l'intégration dans le milieu local ? (Mise en place de nouveaux partenariats, création de nouvelles activités) - Favorise-t-il la création de liens sociaux ? <p>Mon système est-il perçu comme un système durable ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - D'un point de vue visuel (Forme simple du produit, Cohérence entre l'usage et forme, adaptation au public visé) - Valeur d'estime du produit (Qualité perçue du produit, Considération affective) <p>Mon système répond-t-il aux usages ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accessibilité (Rendre le produit accessible au plus grand nombre) - Comportement : <ul style="list-style-type: none"> o (Amélioration/évolution du comportement, Incitation, Apprentissage ; o Sensibilisation à l'environnement, Communication, Informations environnementales) - Besoin (Permettre de répondre à un besoin)
 <p>Le milieu naturel</p>	<p>Mon système génère-t-il des déchets/pollutions ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déchets : <ul style="list-style-type: none"> o Sur la phase de matières premières – de fabrication o Sur la phase de logistique, de la vente o Sur la phase d'utilisation o Sur la phase du produit en fin de vie - Pollution : <ul style="list-style-type: none"> o Emissions polluantes diffuses – Toxicité o Pollution sonore o Pollution visuelle
 <p>Les ressources</p>	<p>Mon système consomme-t-il des ressources ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sur la phase de Matière première – Fabrication - Sur la phase de Logistique, de la vente - Sur la phase d'utilisation - Sur la phase de fin de vie - Mon système global est-il éco-efficace ?

Une fois l'objectif défini, formulez le de façon efficace :

(Par exemple : Réduire la consommation de ressources....)

MON OBJECTIF :

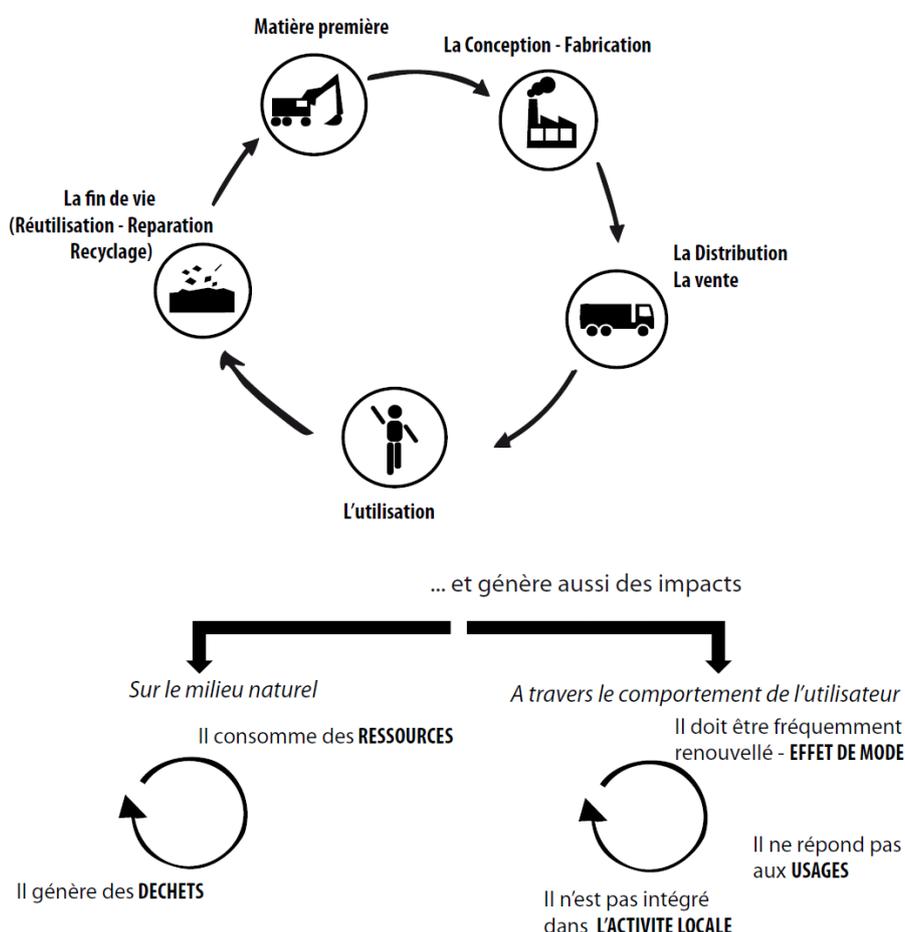
.....

<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 80%; height: 80%; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p style="margin: 0;">2. Génération d'idées</p> </div>	<h2 style="margin: 0; color: blue;">CONTEXTE DANS LEQUEL EVOLUE LE SYSTEME</h2>
---	---

Une fois l'objectif de la session définie, l'outil propose de définir le cadre de réflexion. Ce cadre de réflexion se décompose en 2 ensembles :

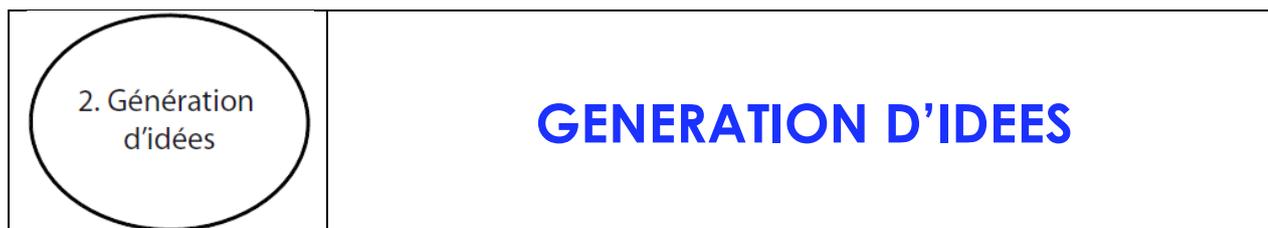
- Le produit évolue tout au long de son cycle de vie, depuis la matière première, jusqu'à sa fin de vie
- Le produit génère des impacts

Le produit évolue tout au long de son cycle de vie, depuis la matière première, jusqu'à sa fin de vie



A partir de ce cadre, nous avons groupé ces deux approches pour définir notre système, le « monde clos » de EcoASIT :

Les ressources naturelles (l'eau- l'énergie - les matières premières) / La production / Les déchets / La logistique, la vente / L'utilisation - usage (le comportement, l'accessibilité, le besoin) / La perception (effet de mode) / L'activité locale (le développement local)



Cette étape consiste à générer des phrases simples à l'aide d'objets et d'opérateurs qui peuvent être utilisés lors d'une séance collective de type brainstorming pour provoquer des idées.

Rappel de l'objectif:

.....

Rappel des objets:

Les ressources naturelles (l'eau- l'énergie - les matières premières) / La production / Les déchets / La logistique, la vente / L' utilisation - usage (le comportement, l'accessibilité, le besoin) / La perception (effet de mode) / L'activité locale (le développement local)

L'outil EcoASIT propose 2 outils principaux afin de faciliter la génération d'idées (et un outil supplémentaire Modification)

1. INTEGRATION

L'outil Intégration propose de mettre en relation différents objets entre eux afin de créer de nouvelles combinaisons et de nouveaux chemins pour atteindre l'objectif désiré.

Construire la phrase:

METTRE EN RELATION <l'objet1> et <l'objet2> va <me permettre d'atteindre mon objectif>

(Par exemple : Mettre en relation l'usage et la vente va Réduire la consommation de ressources....)

Prendre deux objets, écrire la phrase et générer les idées. Une fois que vous n'avez plus d'idée, prendre deux objets différents et écrire la phrase.

2. SUPPRESSION

L'outil Suppression propose d'enlever un objet du cadre défini précédemment afin d'atteindre l'objectif désiré.

Construire la phrase:

SUPPRIMER <l'objet> va <me permettre d'atteindre mon objectif>

(Par exemple : Supprimer les ressources naturelles (matières premières) va Réduire la consommation de ressources....)

Prendre un premier objet, écrire la phrase et générer les idées. Une fois que vous n'avez plus d'idée, passez à un nouvel objet et écrire la phrase.

3. MODIFICATION

L'outil Modification propose de modifier un objet du cadre défini précédemment afin d'atteindre l'objectif désiré.

Construire la phrase:

MODIFIER <l'objet> va <me permettre d'atteindre mon objectif>

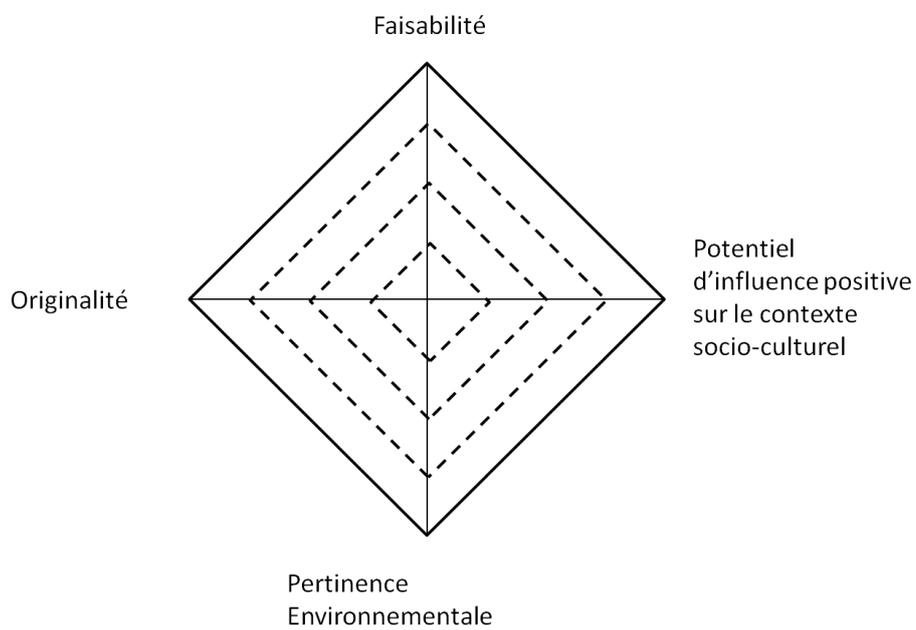
(Par exemple : Modifier l'utilisation du produit va Réduire la consommation de ressources....)

Prendre le premier objet, écrire la phrase et générer les idées. Une fois que vous n'avez plus d'idée, passez à un nouvel objet et écrire la phrase.

<p>3. Evaluation des idées</p>	<h1>EVALUATION DES IDEES</h1>
------------------------------------	-------------------------------

Nous proposons une évaluation des idées à travers un ensemble de 4 facteurs.

- 2 critères liés directement au caractère environnemental et sociétal de l'idée
- 2 critères caractérisant le caractère innovant de l'idée



 <p>3. Evaluation des idées</p>	<h2 style="color: blue;">EVALUATION DES IDEES</h2>
--	--

Pertinence environnementale

0	Pas du tout pertinent et nuisible.
1	N'apporte pas de réduction d'impact environnemental.
2	Possible réduction d'impact environnemental. Risque de transfert d'impact.
3	Montre un grand potentiel de réduction d'impact environnemental et un faible risque de transfert d'impact.

Pertinence sociale

0	Restreint l'usage du système, Influence négative sur le comportement; Ne participe pas au dynamisme social (cohésion, accessibilité, développement local).
1	Aucune influence sur l'usage, le comportement; Aucune influence sur le dynamisme social (cohésion, accessibilité, développement local).
2	Perspective d'extension d'usage et d'influence positive sur le comportement; Possible participation au dynamisme local (cohésion, accessibilité, développement local).
3	Permet un usage étendu, influence fortement positive sur l'usage et le comportement ; Forte participation au dynamisme local (cohésion, accessibilité, développement local).

Originalité

0	Aucune originalité.
1	Intéressant, mais une séance de créativité n'est pas forcément nécessaire pour cette idée.
2	Originale mais cette idée a déjà été vue dans d'autres secteurs industriels.
3	Très original: Jamais vu. Surprenant.

Faisabilité

0	Pas faisable.
1	Faisable avec des modifications profondes des pratiques industrielles.
2	Faisable avec de légères modifications des pratiques industrielles.
3	Parfaitement applicable en industriel.